FITOPATOLOGÍA TROPICAL:

Enfermedades causadas por hongos y pseudohongos

Oscar Cabezas Huayllas

Fitopatología Tropical: Enfermedades causadas por hongos y pseudohongos

Oscar Cabezas Huayllas

Fitopatología Tropical: Enfermedades causadas por hongos y pseudohongos

Autor – Editor:
Oscar Cabezas Huayllas
Av. Iquitos Nº 1665, Castillo Grande-Tingo María
Lima – Perú.
Teléf. 941856875
Email: oscar.cabezas@unas.edu.pe

Primera edición digital, octubre 2020

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-07258

ISBN Nº 978-612-00-5576-2

Publicación electrónica disponible en: https://archive.org/
https://portal.unas.edu.pe/content/facultad-de-agronom%C3%ADa

PROPÓSITOS DEL TEXTO

Hubo un tiempo en el que el término "hongo" agrupaba a todo organismo eucariota que compartía características semejantes en cuanto a su forma de reproducción, alimentación, infección y en algunos casos, su forma. Sin embargo, tras los avances producidos en estudios ultraestructurales, proteómica y la taxonomía molecular, se ha conseguido agruparlos en "hongos" (verdaderos), que poseen pared celular y están compuestos con alto contenidos de quitina, y otro grupo los denominados "pseudohongos" (falsos hongos), por no poseer pared celular o porque su pared celular tiene altos contenidos de celulosa.

Existe una vasta información disponible en Internet sobre hongos y pseudohongos. En el motor de búsqueda Google se puede en listar más 36 millones de páginas vinculadas al término *Hongo* y 12 800 páginas para Pseudohongos. Asimismo, en el idioma inglés (Fungi) se enlista 56 millones de páginas, y para Pseudofungi unas 23 000 páginas; además, en relación con al termino "Hongos fitopatógenos" existen aproximadamente 41 700 páginas. Estos datos muestran la existencia de abundante información disponible, que de acuerdo con una necesidad en particular puede ser revisada, valorada y seleccionada.

En este texto de revisión, se sistematizan los conceptos y avances reportados en libros, artículos y páginas web especializadas que complementados a los conocimientos obtenidos durante la formación en la especialidad de Fitopatología en la EPG-UNALM y los años de enseñanza del curso de Fitopatología en pregrado de la UNAS-TM, me han permitido abordar tópicos sobre morfología, taxonomía, sintomatología, y ciclo patogénico de hongos y pseudohongos causantes de enfermedades con un énfasis en cultivos tropicales.

En los cursos de enseñanza de Fitopatología, la unidad de enfermedades causadas por estos fitopatógenos, demanda en el estudiante un mayor grado de esfuerzo por las exigencias en taxonomía y por el reconocimiento de las enfermedades causadas en función a su sintomatología. Bajo este contexto, se ha realizado un esfuerzo por elaborar una guía ordenada y gráfica de los grupos taxonómicos de hongos y pseudohongos; para tal fin, se incluyen más de 340 composiciones de fotos y gráficos que espero sea de utilidad en aquellos que se inician en este grupo de fitopatógenos.

El autor

Contenido

1 ASPECTOS GENERALES 1
1.1 Los hongos y pseudohongos 2
1.2 Importancia de los hongos y pseudohongos 5
2 MORFOLOGIA DE HONGOS Y PSEUDOHONGOS 7
2.1 Tipos de estructuras de hongos y pseudohongos 7
2.1.1 Estructuras vegetativas, somáticas o talo: 7
2.1.2 Estructuras propagativas 12
2.1.3 Estructuras de conservación: 14
2.1.4 Estructuras de reproducción: 14
3 REPRODUCCIÓN DE LOS HONGOS Y PSEUDOHONGOS 16
3.1 La reproducción sexual: 16
3.1.1 Formas de reproducción sexual: 17
3.2 Reproducción asexual: 18
3.2.1 Formas de reproducción asexual: 18
3.3 Ciclo de vida general de los hongos y pseudohongos 18
4 CLASIFICACIÓN, TAXONOMIA Y NOMENCLATURA 19
4.1 Clasificación 19
4.2 Taxonomía 20
4.3 Nomenclatura 28
5 TAXONOMIA DE HONGOS FITOPATOGENOS 31
6 DIVISIÓN: CHYTRIDIOMYCOTA 32
6.1 Clase: Chytridiomycetes 32
6.1.1 Orden: Chytridiales 33
6.1.2 Orden: Spizellomycetales 35

6.1.3 Orden: Chytridiales 36
7 DIVISIÓN: MUCOROMYCOTA 37
7.1 Clase: Mucoromycetes 38
7.1.1 Orden: Mucorales 38
8 DIVISIÓN: ENTOMOPHTHOROMYCOTA 42
8.1 Clase: Entomophthoromycetes 42
8.1.1 . Orden: Entomophthorales 42
9 DIVISION: GLOMEROMYCOTA 43
9.1 Efectos benéficos de las micorrizas 49
10 DIVISIÓN: ASCOMYCOTA 52
10.1 Clase: Saccharomycetes 58
10.1.1 Orden: Saccharomycetales 58
10.2 . Clase: Taphrinomycetes 59
10.2.1 Orden: Taphrinales 59
10.3 Clase: Eurotiomycetes 61
10.3.1 Orden: Eurotiales 61
10.4 Clase: Leotiomycetes 69
10.4.1 Orden: Erysiphales 69
10.4.2 Orden: Helotiales 75
10.5 Clase: Sordariomycetes 83
10.5.1 Orden: Meliolales 83
10.5.2 Orden: Phyllachorales 85
10.5.5 Orden: Xilariales 88
10.5.6 Orden: Hypocreales 94
10.5.7 Orden: Microascales 122
10.5.8 Orden: Glomerellales 125

10.5.9 Orden: Diaporthales 135
10.5.10 Orden: Magnoporthales 141
10.5.11 Orden: Ophiostomatales 144
10.5.12 Orden: Amphisphaeriales 146
10.6 Clase Pezizomycetes 147
10.6.1 Orden: Pezizales 147
10.7 Clase: Dothideomycetes 148
10.7.1 Orden: Capnodiales 148
10.7.2 Orden: Myrianginales 161
10.7.3 Orden: Pleosporales 164
10.7.4 Orden: Botryosphaeriales 173
11 LÍQUENES 179
11.1 Clase: Lecanoromycetes 180
12 DIVISIÓN BASIDIOMYCOTA 181
12.1 Clase: Agaricomycetes 186
12.1.1 Orden: Agaricales 187
12.1.2 Orden: Boletales 208
12.1.3 Orden: Atheliales 208
12.1.4 Orden: Auriculariales 212
12.1.5 Orden: Corticiales 213
12.1.6 Orden: Polyporales 217
12.1.7 Orden: Cantarellales 219
12.2 Clase: Pucciniomycetes 231
12.2.1 Orden: Pucciniales 231
12.2.2 Orden: Septobasidiales 249
12.3 Clase: Ustilaginomycetes 251

12.3.1 Orden: Ustilaginales 251
12.4 Orden: Urocystidiales 255
12.5 Clase: Exobasidiomycetes 258
12.5.1 Orden: Tilletiales 259
12.5.2 Orden Exobasdiales 260
13 DIVISIÓN DEUTEROMYCOTA 261
13.1 Clase Hyphomycetes: 266
13.1.1 Orden: Moniliales 267
13.1.2 Orden: Agonomycetales 288
13.2 Clase: Coelomycetes 290
13.2.1 Orden: Sphaeropsidales 290
13.2.2 Orden Melanconiales 293
14 ENFERMEDADES CAUSADAS POR PSEUDOHONGOS 295
15 DIVISION PLASMODIOPHOROMYCOTA 300
15.1 Clase: Plasmodiophoromycetes 300
15.1.1 Orden: Plasmodiophorales 300
16 División: Hetererokonta: 305
16.1 Clase: Peronosporomycetes (syn. Oomycetes) 305
16.1.1 Orden: Pythiales 306
16.1.2 Orden: Peronosporales 324
16.1.3 Orden: Sclerosporales 327
17 LITERATURA CONSULTADA 329
18 GLOSARIO 336
19 INDÍCE ANALÍTICO 345

1 ASPECTOS GENERALES

Hasta el siglo XVIII, los únicos hongos conocidos eran los macromicetos o setas (Basidiomycotas con basidiocarpo), pero gracias a la creación del microscopio, por Von Anthon Leeuwenhoek (1670), se nos ha permitido asomarnos al mundo no perceptible por el ojo humano, abriendo así el conocimiento y estudio del vasto mundo de los hongos microscópicos.

La ciencia formal que estudia a los hongos es la Micología, etimológicamente proviene del griego (**Mykes = Seta + Logos = Discurso**). Es una rama de la biología que centra su estudio en determinar su posición en el árbol filogenético de la vida, determinar su composición genética, su lugar en la taxonomía, qué papel juegan en el medio ambiente y cómo pueden ser de utilidad para los humanos. Es importante señalar que los humanos han estado usando hongos para obtener alimentos, medicinas, e incluso para realizar rituales espirituales que datan de hace miles de años.

Se ha establecido que su desarrollo como ciencia nació en 1729 cuando Pietro Antonio Micheli publicó su investigación que mostraba que los hongos se reproducen a través de diminutas semillas, conocidas como esporas, y no a través de la generación espontánea, como se pensaba en ese entonces.

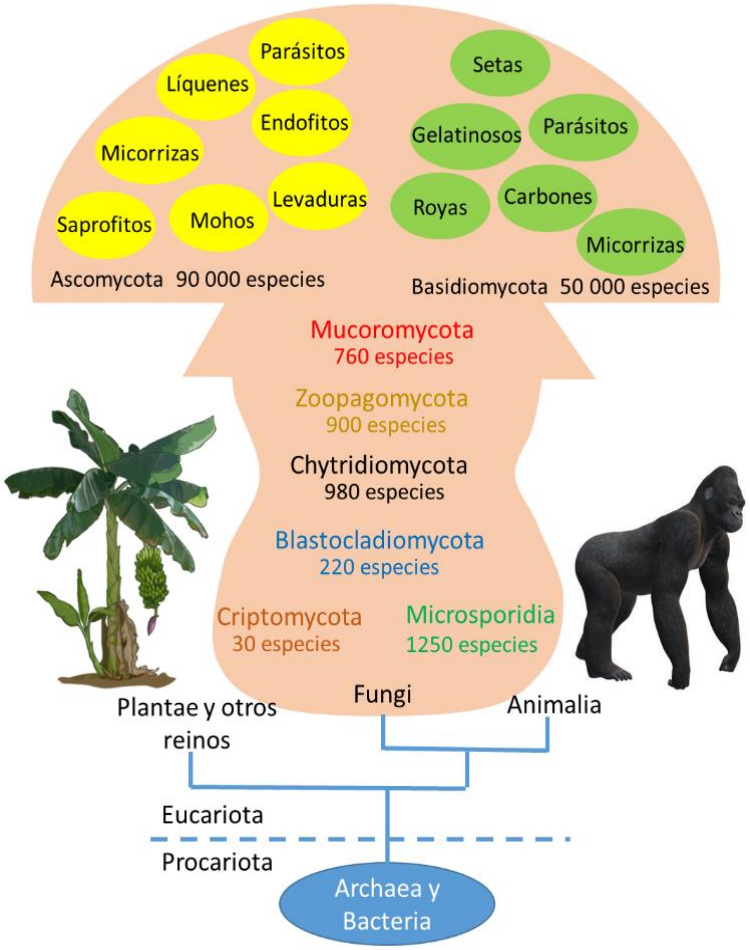


Figura 1. Número de especies de hongos descritos hasta 2018. Modificado a partir de Willis (2018). Royal Botanic Gardens, Kew.

Hawksworth (2001) y Kirk et al. (2001), mencionan haberse descrito alrededor de 80 000 a 120 000 especies de hongos, aunque su número total se estima en alrededor de 1,5 millones de especies. Willis (2018), menciona la existencia de 144 140 especies descritas, las cuales se clasifican en 08 divisiones taxonómicas (Figura 1). Los Ascomycota, son la mayoría por sus más de 90 mil especies descritas, y están seguidos por la división Basidiomycota, con más de 50 mil especies.

1.1 Los hongos y pseudohongos

Para comprender el establecimiento de las categorías de hongos y pseudohongos, debemos dar una mirada a las diferentes clasificaciones realizadas de los seres vivos a lo largo de la historia (Figura 2). Whittker en 1969, fue el primero en establecer el reino Fungi, hasta ese entonces, los hongos estaban clasificados dentro del reino plantae; luego, Cavalier-Smith en 1983, crea dos nuevos reinos (Archezoa y Chromista) a partir del Reino Protista, definido por Whittker. A partir de la clasificación de Cavalier-Smith en 1983, los micólogos inician el proceso de redefinición del concepto hongo.

En la actualidad, el termino hongo se usa para designar a los organismos eucariotas con pared celular rico en quitina, la mayoría son aeróbicos (excepto algunos de los Chytridiomycotas habitantes del rumen de animales); aclorofilados, de tamaño macro o microscópicos, formado por hifas microscópicas de forma tubular; heterótrofos, su nutrición la efectúan mediante la absorción de macromoleculas directamente de la células vivas de su hospedante (parásitos obligados) o mediante la secreción de enzimas que degradan la materia orgánica antes de absorberla a través de sus hifas (parásitos facultativos o saprófitos), y se reproducen sexual (meiosis) o asexualmente (mitosis) por unidades propagativas denominados esporas, zygosporas, ascosporas basidiosporas o conidias. Básicamente, los hongos son aquellos organismos eucariotas con pared celular rico en quitina, y todo aquel que no cumple con esta condición, pero se asemejan a los hongos por su nutrición y reproducción se les denomina pseudohongo.

<table>
<tr><th>Linnaeus
1735</th><th>Haeckel
1866</th><th>Chatton
1925</th><th>Copeland
1938</th><th>Whittker
1969</th><th>Cavalier-Smith
1983</th><th>Woese et al
1990</th><th>Woese et al
1977</th><th>Cavalier-Smith
2004</th></tr>
<tr><td>2 Reinos</td><td>3 Reinos</td><td>2 Imperios</td><td>4 Reinos</td><td>5 Reinos</td><td>8 Reinos</td><td>3 Dominios</td><td>6 Reinos</td><td>6 Reinos</td></tr>
<tr><td rowspan="3">No relacionados</td><td rowspan="3">Protista</td><td rowspan="2">Prokaryota</td><td rowspan="2">Monera</td><td rowspan="2">Monera</td><td>Eubacteria</td><td>Eubacteria</td><td>Eubacteria</td><td rowspan="2">Bacteria</td></tr>
<tr><td>Archaebacteria</td><td>Archaebacteria</td><td>Archaebacteria</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Eukariota</td><td rowspan="3">Proctista</td><td rowspan="3">Protista</td><td>Archezoa</td><td rowspan="6">Eukarya</td><td rowspan="3">Protista</td><td>Protozoa</td></tr>
<tr><td>Chromista</td><td rowspan="2">Chromista</td></tr>
<tr><td>Protista</td><td>Fungi</td><td>Fungi</td><td>Fungi</td><td>Fungi</td><td>Fungi</td></tr>
<tr><td>Vegetabilia</td><td>Plantae</td><td>Plantae</td><td>Plantae</td><td>Plantae</td><td>Plantae</td><td>Plantae</td><td>Plantae</td></tr>
<tr><td>Animalia</td><td>Animalia</td><td>Animalia</td><td>Animalia</td><td>Animalia</td><td>Animalia</td><td>Animalia</td><td>Animalia</td></tr>
</table>

Figura 2. Sistemas de clasificación de los seres vivos, desde la primera propuesta de C. Linnaeus en 1735 hasta Cavalier-Smith 2004.

Los pseudohongos se pueden dividir en dos grandes grupos: (i) Pseudohongos con pared celular y (ii) Pseudohongos sin pared celular.

Pseudohongos con pared celular: a diferencia de los hongos verdaderos, su contenido es alto en celulosa; por ello, son considerados parientes de las algas que en su proceso evolutivo habrían perdido sus cloroplastos. Están agrupados tradicionalmente en la división Oomycota que, en la clasificación de Cavalier-Smith de 1983 y 2004 (Figura 2), están dentro del reino de los Chromistas. Pueden ser parásitos, o saprófitos terrestres o acuáticos, y forman zoosporas heterocontas (2 flagelos desiguales).

Pseudohongos sin pared celular: existe un grupo de organismos eucariotas sin pared

celular cuya forma de nutrición y reproducción es semejante a los hongos verdaderos y están agrupados en la división Plasmodiophoromycotaque en la clasificación de Cavalier-Smith de 1983 y 2004 (Figura 2) están agrupados en el reino Protista o Protozoa.

En la Figura 3, se presenta la filogenia de los hongos verdaderos (Reino Fungi) y los pseudohongos que están agrupados en dos reinos, Chromista (división Oomycota) y Protista (división Plasmodiophoromycota).

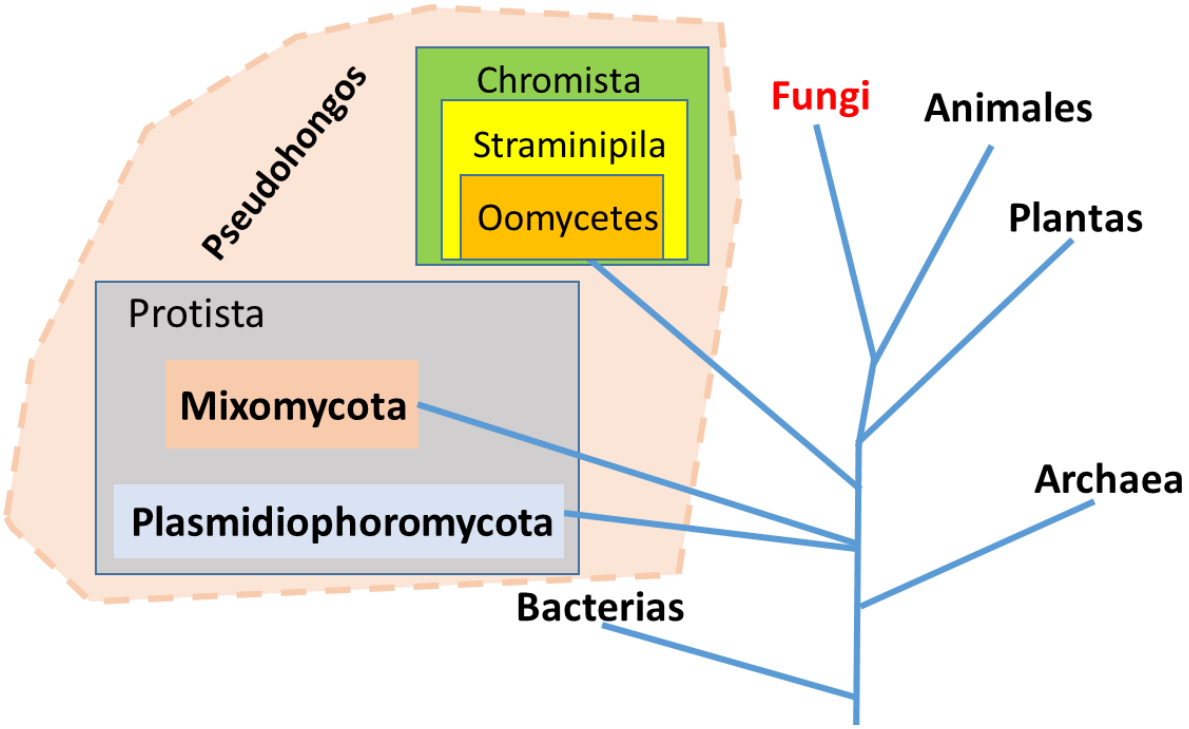


Figura 3. Cladograma que muestra las relaciones de los principales grupos de organismos tradicionalmente conocidos como hongos. Los Oomycota, Myxomycota y Plasmodiophoromycota no cumplen estrictamente con la definición hongos verdaderos. Además, los últimos están más estrechamente relacionados con los animales que con las plantas. Modificado de Rossman y Palm (2006). https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/oomycete/introduction/

Partiendo del concepto de que todos los seres vivos tienen un origen en común, con los avances de la biología molecular, hoy se pueden construir el árbol filogenético de todos ellos. La Figura 4, muestra el árbol filogenético de los procariotas (Archaea y Bacteria) y Eucariotas (Opiskonta, Excavata, Archaeplastida, Chromoalveolata y Amoebozoa), donde los hongos y los pseudohngos, que son organismos Eucariotas, están filogenéticamente ligados a las Archaea (formas de bacteria quimiotróficas). A continuación, se hace una breve descripción de los principales grupos de organismos que comprenden los eucariotas, descritos en esta figura.

Opisthokonta (opistocontos): agrupan a organismos eucariontes unicelulares y uni flagelados cuya posición es posterior al sentido direccional de su movimiento; asimismo, agrupa a los reinos Fungi, Animalia, Metazoo y Amebozoa.

Amebozoa (Ameobozoa): agrupa a los Mixomycetos, Plamodiophoromycetos, amebas y otros microorganismos

Excavata (Excavados): agrupa a los Euglenozoos y otros microorganismos

Archeosplastida (Arqueoplastidiados): agrupa a los galucofitas, algas rojas, algas verdes y plantas (briófitos, helechos y espermatófitos)

Cromalveolata (Cromalveolados): agrupa a las algas con clorofila c (dinoflagelados, diatomeas, etc. y algas pardas), stramenopiles no fotosintéticos (Oomycetos, Chlorarchniofitas y foraminíferos). El término Chromalveolata fue propuesto por Adl et al., (2005) como una unión de los Chromista y los Alaveolados.

Son de interés de estudio de la fitopatología, los opistocontos, amebozoa y Cromalveolata.

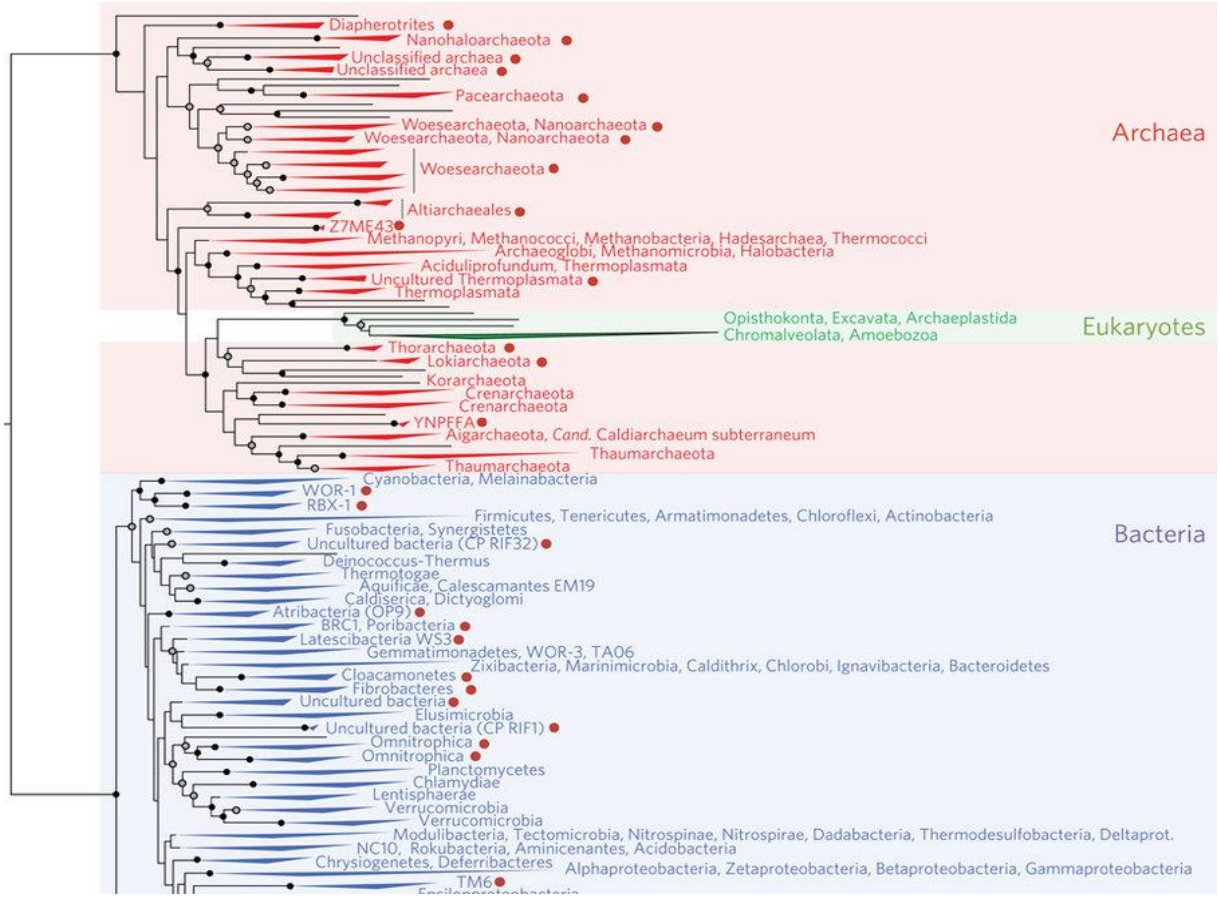


Figura 4. Relación filogenética de los hongos (Opistokonta) y pseudohongos (Chromoalveolata).

1.2 Importancia de los hongos y pseudohongos

Desde el punto de vista beneficioso para la actividad humana, lo constituyen algunos de los hongos verdaderos; mientras que los pseudohongos, son principalmente parásitos y saprófitos de vida libre. A continuación, se describe algunos efectos de los hongos en diferentes áreas de la actividad humana.

Agricultura: afectan diferentes partes de las plantas (raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas) en los que causan daños que pueden ser de mayor o menor gravedad; además, afectan a las cosechas en condiciones de almacenamiento. Producen daños en tejidos, cueros, madera y otros materiales orgánicos. La epidemia que mayor impacto ha causado a la humanidad es *Phytophthora infestans* que, en 1845, causó la "gran hambruna" en Irlanda; se estima que murieron alrededor de un millón de personas.

Salud Humana: Producen enfermedades graves y difíciles de controlar como *Microsporium* sp. (tiña), *Trichophyton* sp. (Pie de atleta), *Epidermophyton* sp. (Dermatomicosis), *Pityrosporum ovale* (caspa), *Histoplasma capsulatum* (histoplasmosis), *Candida albicans* (candidiasis) entre otras.

Salud de animales: *Saprolegnia* (Peces), *Fusarium* (Micosis en animales) entre otros.

Medicina: *Claviceps purpurea*, produce una toxina (ergotina) que acelera el parto y en dosis mayores produce aborto y muerte. *Penicillium notatum* y *P. crysogenes* producen el antibiótico penicilina.

Control biológico: existen muchos ejemplos exitosos en el uso de hongos para el

Figura 5. Importancia de los hongos en la actividad humana: agricultura, salud humana, producción de antibióticos, control biológico de plagas, fermentación de graos y alimentos, gastronomía, producción de queso especiales (roquefort).

control de insectos plaga, nematodos y hongos en la agricultura; por ejemplo, *Beauveria* se emplea para el control de Coleópteros y Lepidópteros; *Pochonia chlamydosporia* (control de nematodos), *Trichoderma sp*. (control de hongos fitopatógenos); *Catenaria angillulae* (control de nematodos), *Entomophthora muscae* (Dípteros) entre otros.

Investigación: *Neurospora crassa* y *Saccharomyces cerevisiae* importante en trabajos sobre genética.

Alimentación: Por su sabor y alto contenido proteico. *Boletus sp*., *Pleurotus sp*., *Amanita* sp., *Tuber* sp. entre otros

Industria*:*

Los hongos producen metabolitos secundarios que el hombre los procesa para diferentes industrias como: panadería, cervecería, quesería, en la producción de antibióticos (penicilinas, cefalosporinas), inmunodepresores (ciclosporina), hormonas y esteroides, ácidos orgánicos (ácido láctico y el ácido cítrico empleado en la elaboración de refrescos de gran consumo), enzimas (celulasa, catalasa, amilasa, renina).

Aspergillus niger produce ácidos orgánicos de alta pureza (ácido cítrico y ácido glicólico), *Penicillium roquefortii* producción de quesos, *Saccharomyces cerevisiae,* es una levadura valiosa en la fermentación de variados alimentos y bebidas.

En términos de biodiversidad, se ha estimado que existe alrededor de 1.5 millones de diferentes especies de hongos, pero solo alrededor de 75 000 especies (5% del total) han sido descritos hasta hoy, en comparación con los 4.9 millones de especies de artrópodos y 420 000 especies de plantas.

Los hongos simbiontes tienen relaciones beneficiosas con otros organismos. Ejemplos de éstos son los líquenes que son asociaciones de un hongo específico y un alga verde o cianobacteria cuya relación íntima les permite colonizar diferentes sustratos, incluso rocas que de manera independiente son incapaces de degradar. Los líquenes no necesitan fuentes de alimento orgánico y pueden permanecer vivos, aunque se desequen. Sólo requieren luz, aire y algunos minerales que absorben del sustrato. Sus actividades inician el proceso de formación del suelo, al crear gradualmente un ambiente en el que luego se introducirán musgos, helechos y otras plantas. Son muy susceptibles a los compuestos tóxicos en el aire. Su presencia o ausencia es un indicador del grado de contaminación de la atmósfera.

Otro ejemplo de asociación importante son las micorrizas, que son una simbiosis mutualista de ciertos hongos específicos y raíces de plantas cuya interacción favorece el crecimiento de la planta y también, la obtención de nutrientes por parte del hongo en suelos que les son desfavorables. La planta transfiere al hongo hidratos de carbono y el componente fúngico transfiere nutrientes y agua a la planta. Se estima que las micorrizas están presentes en más del 85% de todas las familias de plantas. En este tipo de simbiosis, el hongo (endomicorrizas) se dispone intracelular e intercelularmente en las células de la raíz. Las hifas también se extienden hacia el suelo circundante y así incrementa la absorción de agua, fósforo y de otros nutrientes (ver pág. 43).

También presentan relaciones simbióticas con insectos, como las hormigas y termitas. Los hongos tienen un papel esencial en la descomposición de la celulosa, con la producción de bióxido de carbono y agua; por otra parte, representan pérdidas económicas al degradar papel, telas, cuero, hidrocarburos y otros productos; el aspecto útil es su responsabilidad en el reciclaje de la madera en los bosques y su empleo para la biorremediación de suelos contaminados por materiales tóxicos. Degradan casi todo, con excepción de algunos plásticos y pesticidas.

2 MORFOLOGIA DE HONGOS Y PSEUDOHONGOS

La forma de los hongos es variado y diverso, dependen principalmente de:

a. Tamaño: se distinguen dos tipos: los **macroscópicos**, cuyas hifas se organizan en micelios y a su vez en tejidos que forman cuerpos fructíferos de gran tamaño; y los **microscópicos**, formados estrictamente por hifas y micelios que la mayoría de los casos es imperceptible a la vista humana.

b. Número de células: pueden ser unicelulares con pared celular (levaduras, levadiformes) y sin pared (plasmodios), o pluricelulares como los filamentosos que son la inmensa mayoría de hongos y pseudohongos.

En la Figura 6, se muestra la gran variabilidad de formas de los hongos macroscópicos y microscópicos.

Los pseudohongos que poseen pared celular son filamentosos (Clase Peronosporomycetes) y los que no poseen son unicelulares (División plasmodiophoromycota). La estructura básica de un hongo y pseudohongo filamentoso son las hifas y sobre ellas se forman todas sus otras estructuras.

2.1 Tipos de estructuras de hongos y pseudohongos

2.1.1. Estructuras vegetativas, somáticas o talo:

El talo o estructura somática de los hongos y pseudohongos filamentosos, está formado típicamente por filamentos tubulares microscópicos que se ramifican en todas las direcciones, sobre o dentro del substrato que les sirve de alimento (medio de cultivo, hojas, tallo, suelo etc.); cada uno de estos filamentos se denomina hifa.

a. Hifas: son filamentos multicelulares que crecen solo longitudinalmente, ramificándose en todas las direcciones a partir del punto de crecimiento, el diámetro varía de 3 a 8 µm. Las hifas pueden formar entre célula y célula tabiques, a las cuales se denominan hifas septadas y las que no lo poseen se denominan hifas aseptadas o cenocíticas (Figura 7).

Figura 6. Formas y tamaños de los hongos: Basidicarpo (a, b y c). Apotecio (d). Picnidias visto en estereoscopio (e). Estroma peritecial (f y g). Uredosporas (h). Conidias (i, k y n). Esporangios y esporas (j). Peritecio, ascas y ascosporas (l). Teliosporas (m). Esporangios o zoosporangio (o). Hongos macroscópicos (a - g). Hongos microscópicos (h – o). Pseudohongo (solo o).

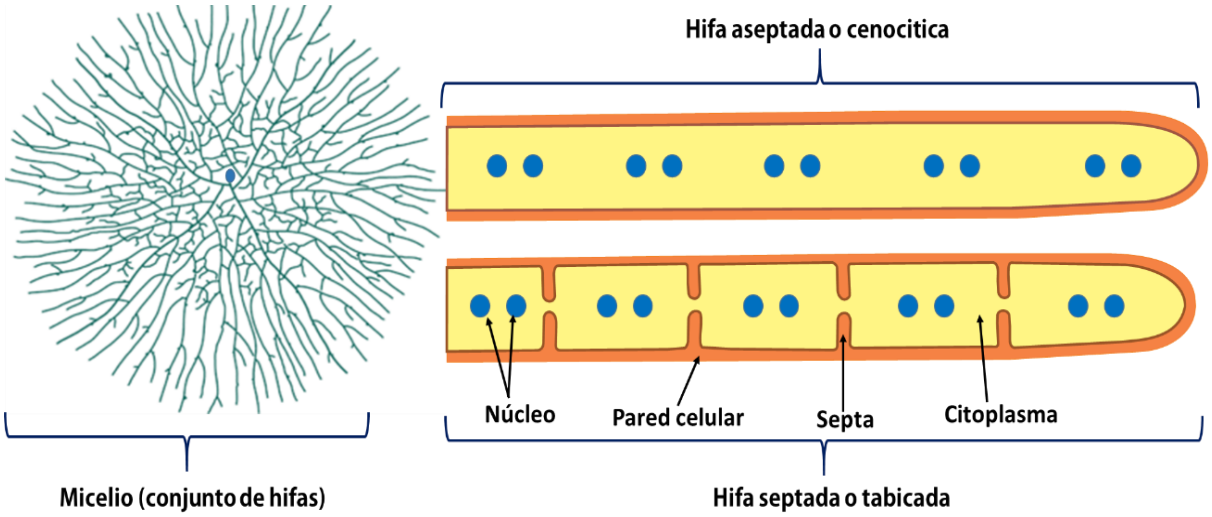


Figura 7. Tipos hifas de hongos filamentosos.

El conjunto de hifas forma el micelio y este es la parte visible para el ojo humano. Las hifas pueden tener uno (monokaria) o dos núcleos por célula (dikaria). Dentro de las dikarias se encuentra la división Ascomycota y Basidiomycota.

a.1.Tipos de septas: las septas se forman por crecimiento centrípeto del aparato de Golgi. Existen dos tipos de septas, las simples y las complejas. Las simples, dejan un poro central de un diámetro de 0.05 a 0.5 µm que permite pasaje de núcleos y organelos entre las células. Las hifas que forman septas complejas se denominan septa tipo Doliporo, debido a que en la parte terminal y central la septa se ensanchan en forma de barril y el poro central se encuentra recubierto con dos estructuras de retículo endoplásmico denominadas parentosomas (Figura 8).

a.2. Organización de micelios: cuando el conjunto de hifas se entrelaza y forman tejidos, toman el nombre genérico de plecténquima. Existe dos tipos de plecténquimas (i) prosénquima y (ii) pseudoprosénquima que forman los cuerpos fructíferos de variados hongos.

(i) prosénquima: las hifas en el micelio se unen en su sentido longitudinal formando tejidos en forma de cordones, de variados colores y tamaños. Reciben el nombre rizomorfos y se forman en condiciones adversas (Figura 9).

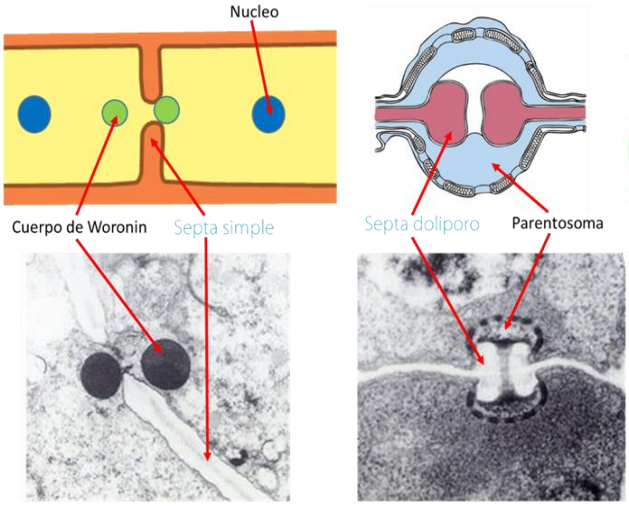


Figura 8. Tipos de septa en los hongos filamentosos.

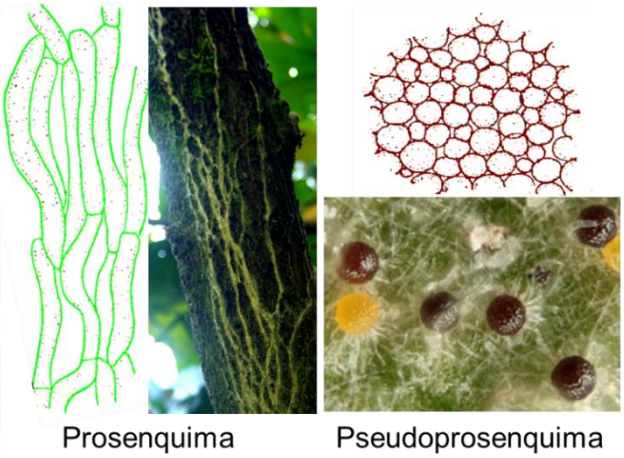


Figura 9. Formas de organización los micelios.

(ii) pseudoprosénquima: las hifas son cortas isodiamétricas que se unen unas con otras para formar tejidos redondeados u ovoides de variados tamaños y colores; son llamados comúnmente esclerotes que actúan como estructuras conservativas.

b. Rhizoide: a partir de las hifas de algunos hongos saprófitos, se forman ramificaciones a manera de raíces que sirven como órganos de fijación o absorción de nutrientes del sustrato (Figura 10). Los rhizoides son estructuras típicamente formadas por el género *Rhizopus* que, tradicionalmente, ha estado clasificado dentro de la clase Zygomycetes que, actualmente, se encuentra dentro de los Mucoromycetes.

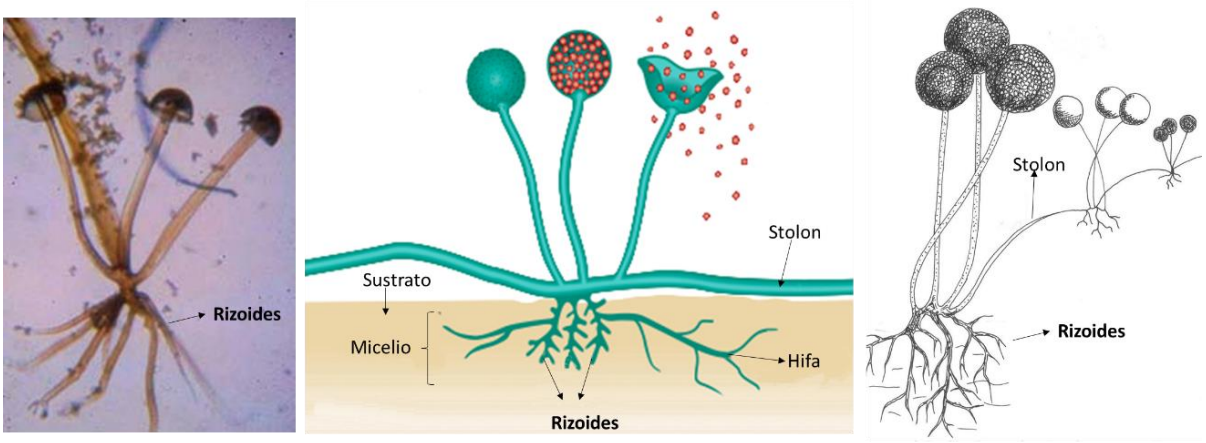


Figura 10. Estructura vegetativa tipo Rizoide propios del género *Rhizopus.*

c. Haustorio: son propios de hongos parásitos obligados (roya, oidiosis y mildius) de forma variada que penetran dentro de las células del hospedero para absorber los nutrientes. La penetración en la célula se realiza sin alterar la integridad de la membrana celular (Figura 11).

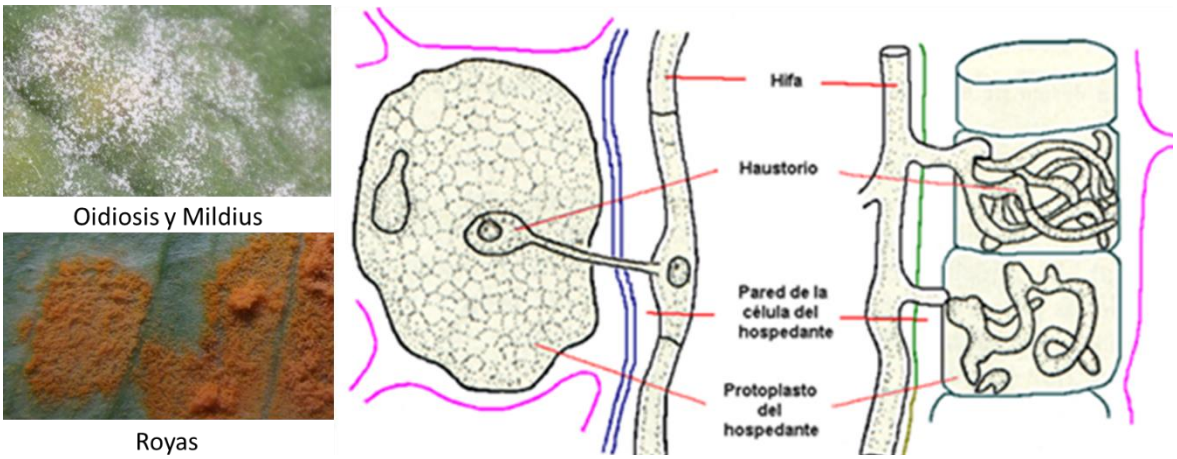
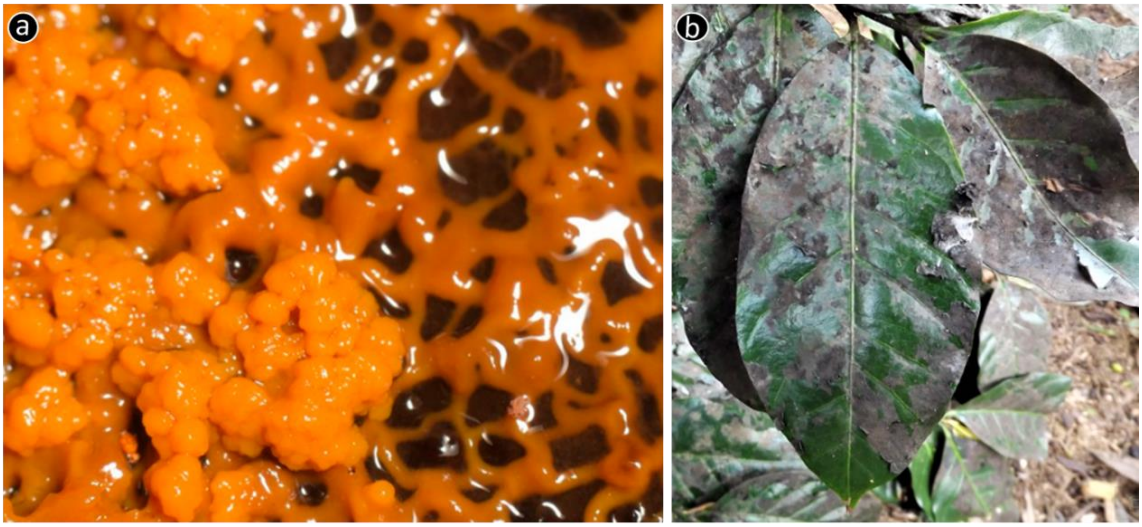


Figura 11. Estructuras vegetativas tipo Haustorios propio de hongos parásitos obligados como royas, oidiosis y mildius.

d. Plasmodio: es una masa protoplasmática y multinucleada. Se origina por la fusión de varias células diploides carentes de pared celular. Es una estructura propia de pseudohongos pertenecientes a la división Mixomycota y Plasmodiophoromycota (Figura 12).

e. Hifopodio: es una estructura modificada de una hifa en forma de una ventosa para permitir al hongo adherirse al sustrato; esta es una estructura típica de los hongos llamados fumagina.

La diferencia entre hongos y pseudohongos que poseen pared celular está en la composición de su pared celular. A continuación, se describen esas características.



https://www.flickr.com/photos/125745492@N02/albums/

Figura 12. Estructuras vegetativas tipo plasmodio (pseudohongo) e Hifopodio (hongo). Plasmodio en Mixomycetos (a). La fumagina se adhiere a través de sus hifopodios a la hoja (b)

Pared celular de un hongo:

Es una estructura con gran plasticidad que da la forma a las células, compuestas básicamente de polisacáridos y proteínas. Entre los polisacáridos destacan la **quitina**, el **glucano** y el manano. Las proteínas, generalmente, están asociadas a las **glicoproteínas** (Figura 13). Todos estos componentes están asociados entre sí, confiriendo a la pared celular rigidez, pero con alta flexibilidad. Su función es la de protección, transporte, virulencia e inmunogenicidad (capacidad de respuesta a un estímulo exógeno). Es el primer sitio de interacción con el sustrato y su hospedante, por ello, juega un papel muy importante en el desarrollo de la acción patógena en los hongos parásitos

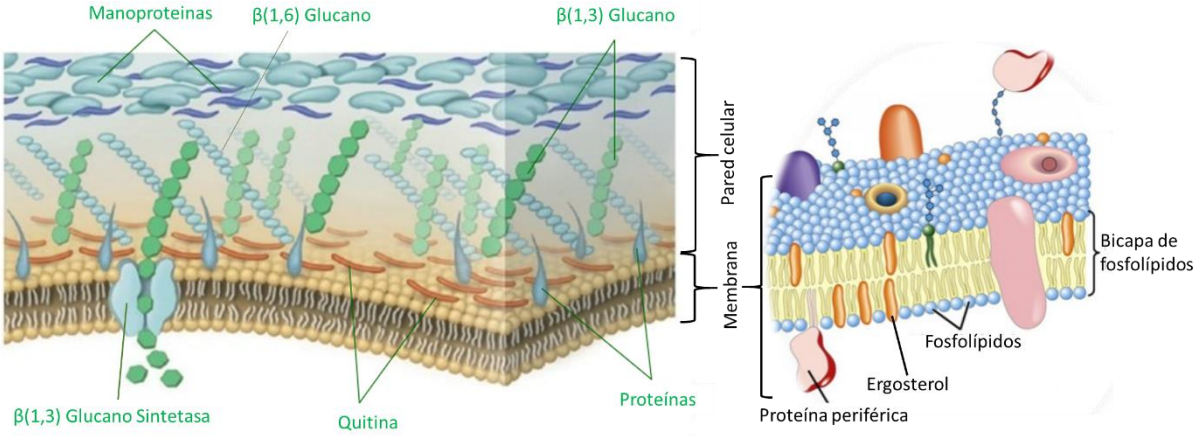


Figura 13. Esquema estructural de la pared y membrana celular de un hongo.

Quitina: se sintetiza a partir de N-acetil glucosamina por la enzima quitin sintasa y se deposita en el espacio extracelular próximo a la membrana citoplásmica. Es un componente único de la pared celular de los hongos, su contenido varía según la fase morfológica del hongo. Representa el 10-20% del peso seco de la pared.

Glucano: es el polisacárido estructural más importante de la pared y representa el 50-60% del peso seco de esta estructura. La mayoría de los polímeros de glucano están compuestos de unidades de glucosa con uniones ß-1,3 (65-90%), aunque también hay glucanos con enlaces ß-1,6. El ß-1,3-D-glucano se sintetiza por un complejo de enzimas situado en la membrana plasmática, denominadas glucano sintetasa; forman cadenas ramificadas que se pueden unirse a otros glucanos, a la quitina o a las manoproteínas, proporcionando a la pared una gran resistencia mecánica que es esencial para mantener la integridad celular.

Glicoproteínas: las proteínas representan el 20-30% del peso seco de la pared de los hongos filamentosos. La mayoría de las proteínas están asociadas a glúcidos por enlaces O o N, formando glicoproteínas. Las proteínas de la pared tienen diversas funciones, participando en el mantenimiento de la forma celular, interviniendo en los procesos de adhesión, protegiendo a la célula de sustancias extrañas, participando en la absorción de moléculas, transmitiendo señales al citoplasma, y sintetizando y remodelando los componentes de la pared.

Membrana celular: su organización es la misma que la membrana celular eucariota general. Sin embargo, poseen un lípido particular denominado Ergosterol (Figura 13), pero en algunos linajes de hongos se encuentran los metilen y etilen colesterol, brassicosterol y colesterol; su función es la de regular la integridad estructural y fluidez de la capa lipídica de la membrana y es precursor para la síntesis de la vitamina D. Varios fungicidas ejercen su acción sobre estas moléculas o en su ruta de síntesis. Por ejemplo, los Triazoles inhiben la síntesis del ergosterol y desintegran la membrana.

Pared celular de un pseudohongo:

Los pseudohongos filamentosos, difieren de los hongos por tener celulosa en lugar de quitina en su pared celular. Tienen núcleos diploides en la etapa vegetativa a diferencia de los núcleos haploides en la mayoría de los hongos. Los componentes principales de la pared celular de un Oomycete son (1,3) -β-glucano, (1,6) -β- glucano y celulosa. En la pared celular de *Pythium aphanidermatum* se ha determinado que está constituido por un 18% de celulosa y 82% de (1,3;1,6)-β-glucano.

2.1.2Estructuras propagativas

Son las unidades germinativas de los hongos. Presentan una gran diversidad y se forman a partir del micelio ya sea apical o intercalarmente. A continuación, describiremos algunas de ellas que cumplen el rol más importante en el ciclo de vida de los hongos y pseudohongos como es el de diseminar y perpetuar la especie a través del tiempo y espacio.

a. Zoosporas: son unidades germinativas provistas de flagelos por lo tanto capaces de desplazarse por medio líquido (Figura 14). Están contenidos dentro de una bolsa o saco que toman el nombre de zoosporangio o esporangio. Son formados por hongos (Chytridiomycetes) y pseudohongos (Oomycetes y Plasmidiophoromycetes).

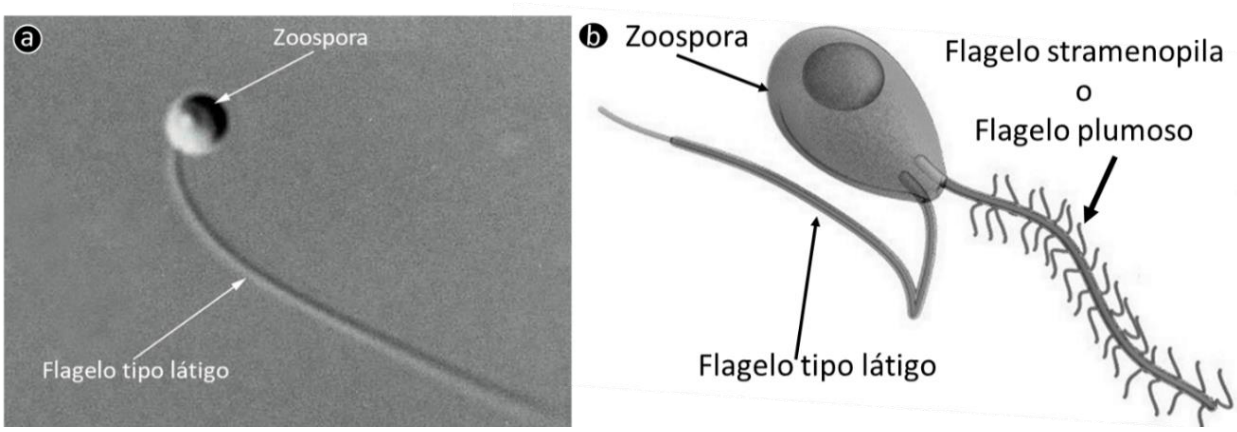


Figura 14. Tipos de zoosporas: (a) Zoospora con un solo flagelo (opistokont). (b) Zoospora con dos tipos de flagelo (heterokont). Zoospora de un hongo (a). Zoospora de un pseudohongo (b). modificado de: https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/5363

b. Esporas, son unidades germinativas sin flagelos que provienen de una reproducción mayormente sexual, asimismo, son resistentes a la desecación, temperaturas extremas ya que se formaron en condiciones adversas. Toman diferentes nombres de acuerdo con el grupo taxonómico al cual pertenecen: ascosporas, zygosporas, basidiosporas, oosporas entre otros.

c. Conídias. unidades germinativas sin flagelo, se diferencian de las esporas porque se forman en la reproducción asexual y son más sensibles a las condiciones adversas, pero son las que tienen mayor importancia en la diseminación de un hongo.

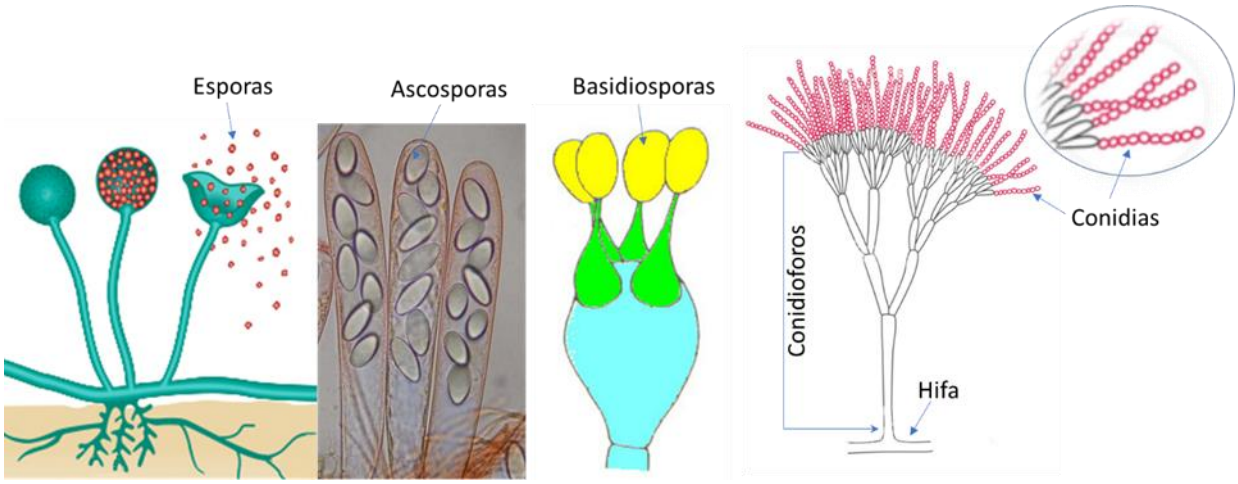


Figura 15. Estructuras propagativas tipo esporas, ascosporas, basidiospora y conidias

2.1.3. Estructuras de conservación:

Son estructuras que se forman cuando el micelio ha envejecido o cuando las condiciones del medio ambiente son adversas, y cuando las condiciones nuevamente sean favorables pueda seguir desarrollándose en forma vegetativa (Figura 16).

Figura 16. Tipos de estructuras conservativas: esclerotes, rhizomorfos y clamidiosporas.

a. Esclerotes: están constituidos por hifas cortas que se sueldan entre sí y forman estructuras redondeadas. Son de consistencia dura y generalmente están cubiertos de una gruesa capa de melanina.

b. Rizomorfos: son estructuras en forma de cordones donde las hifas se han soldado paralelamente y la pared ha sido engrosada por depósitos de melanina.

c. Clamidosporas: se forman debido a la concentración de protoplasmas provenientes de células vecinas la pared generalmente se engruesa rodeándose generalmente de melanina.

Las estructuras conservativas pueden mantenerse viables por mucho tiempo. Algunas estructuras de origen sexual, también, actúan como estructuras de conservación, pues mantienen su viabilidad bajo condiciones extremas de medio ambiente.

2.1.4. Estructuras de reproducción:

Las estructuras de reproducción de los hongos son los **gametangios** y estos contienen a los gametos o células fértiles. El nombre y la forma de los gamentangios difiere en función a la categoría taxonómica a la cual pertenezca el pseudohongo u hongo.

a. Pseudohongos:

a.1. Plamodiophoromycetes: dos zoosporas compatibles actúan como gametos (planogametos) fusionan sus protoplastos y núcleos. No forman gametangios (Figura 17 a).

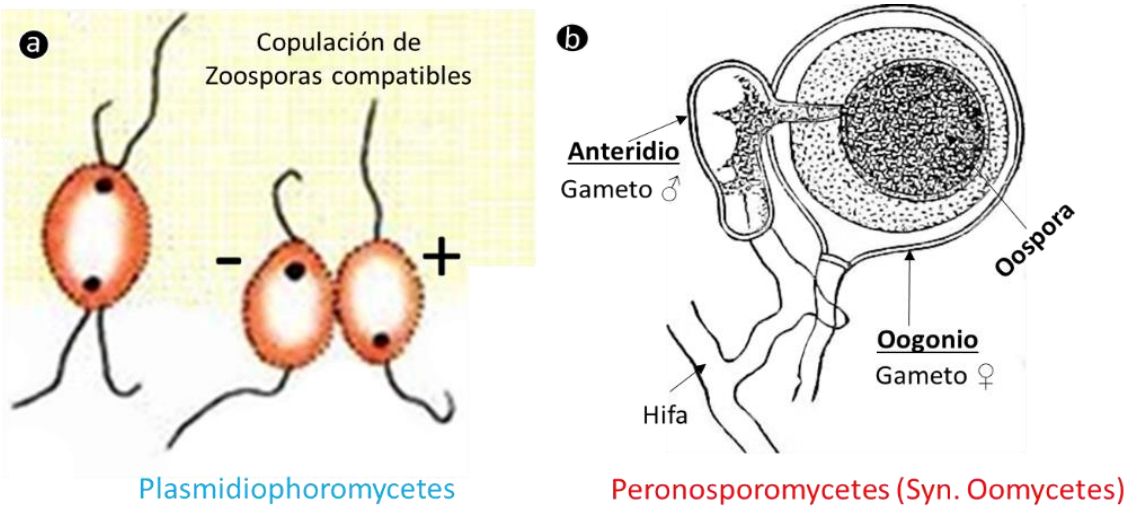


Figura 17. Gametos y Gametangios de los Pseudohongos.

a.2. Perosnosporomycetos (Syn: Omycetos): estos pseudohongos filamentosos poseen gamentangios denominados **Oogonio** que corresponde al gametangio femenino (♀) y el **anteridio** que corresponde al gametangio masculino (♂). Ambos contienen a los gametos denominados Oosfera (gameto femenino) y anterozoides (gameto masculino) (Figura 17 b).

b. Hongos:

b.1. Chytridiomycetes: dos zoosporas iguales en forma y tamaño (isogametos) se fusionan y forman el huevo o cigoto (Figura 18 a). No poseen gametangios.

b.2. Mucoromycetes (antes Zygomycetes): no forman gametangios propiamente dicho; dos hifas compatibles sexualmente actúan como gametangios y a través de ellos se intercambian sus núcleos, se realiza la plasmogamia y cariogamia que da a la formación del huevo o zigoto llamado zygospora (Figura 18 b).

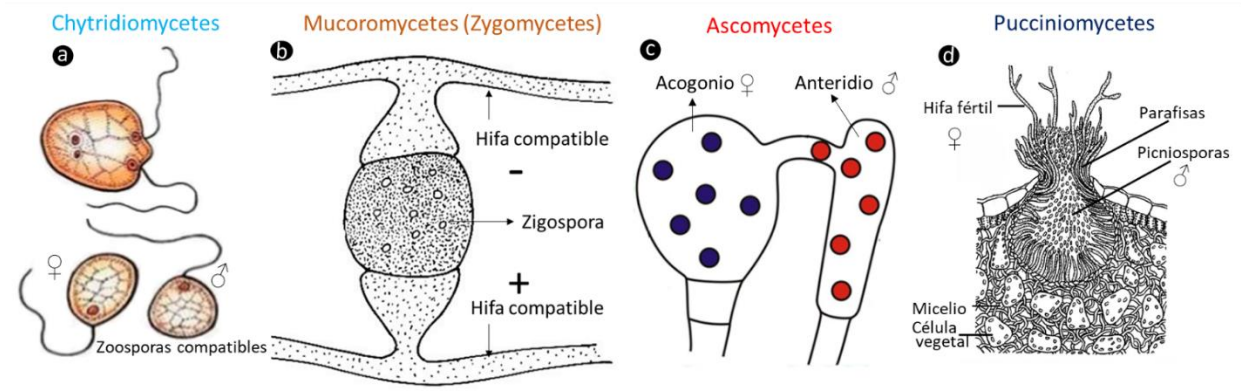


Figura 18. Tipos de estructuras reproductivas de los hongos.

b.3. Ascomycetes: son hongos más complejos y producen gamentangios denominados **Ascogonio** que corresponde al gametangio femenino (♀) y el **anteridio** que corresponde al gametangio masculino (♂). Ambos contienen a los gametos que en este caso son solo denominados células fértiles (Figura 18 c).

b.4. Pucciniomycetes (Basidiomycetes): produce un único gametangio denominado Picnia o espermagonio que contiene a los gamentos femeninos y masculinos. El gamento femenino se denomina ***hifa fértil*** y el gamento masculino se denomina ***picniospora*** (Figura 18 d). Estos hongos son heterotálicos, lo que significa que una picniospora no puede fertilizar a la hifa fértil de una misma picnia. Para que exista fecundación se necesita de dos picnias producidas en talos diferentes.

En el Cuadro 1, se resume el nombre de los gametangios y gamentos presentes en los pseudohongos y en los hongos. Solo se presentan aquellos que son importantes desde el punto de vista fitopatológico.

Cuadro 1. Nombre de las estructuras reproductivas de hongos y pseudohongos.

	Pseudohongo		Hongos			
Gametangio	Plamidiophoromycota	Oomycota	Chytridiomycota	Zygomycota	Ascomycota	Basidiomycota
Gametangio♀	No posee	Oogonio	No posee	Hifa +	Ascogonio	Picnia
Gametangio♂	No posee	Anteridio	No posee	Hifa -	Anteridio	Picnia
Gameto♀		Oospora			Células fértiles	Hifas fértiles
Gameto♂		Anterozoide			Células fértiles	Hifas fértiles

3 REPRODUCCIÓN DE LOS HONGOS Y PSEUDOHONGOS

La reproducción es la formación de nuevos individuos que poseen todas las características típicas de la especie. Se conocen dos tipos: **sexual** y **asexual**.

3.1 La reproducción sexual:

Se realiza por la fusión de gametos o núcleos sexualmente compatibles. Durante el proceso de reproducción, se realiza la **plasmogamia** que consiste en la fusión de protoplastos, por tanto, la nueva célula tiene dos núcleos, dando como resultado una célula dicariotica (n+n) luego, los núcleos se fusionan mediante el proceso denominado cariogamia y la célula se convierte en diploide (2n), la cual es la condición de los pseudohongos; al contrario, en los hongos se produce la meiosis, dando como resultado células haploides (n). En la Figura 19, se describen los procesos generales que se suceden en la reproducción sexual de los hongos y pseudohongos filamentosos. Se produce, por lo general, bajo condiciones desfavorables como por ejemplo la baja disponibilidad de alimentos al final de la campaña productiva de un cultivo.

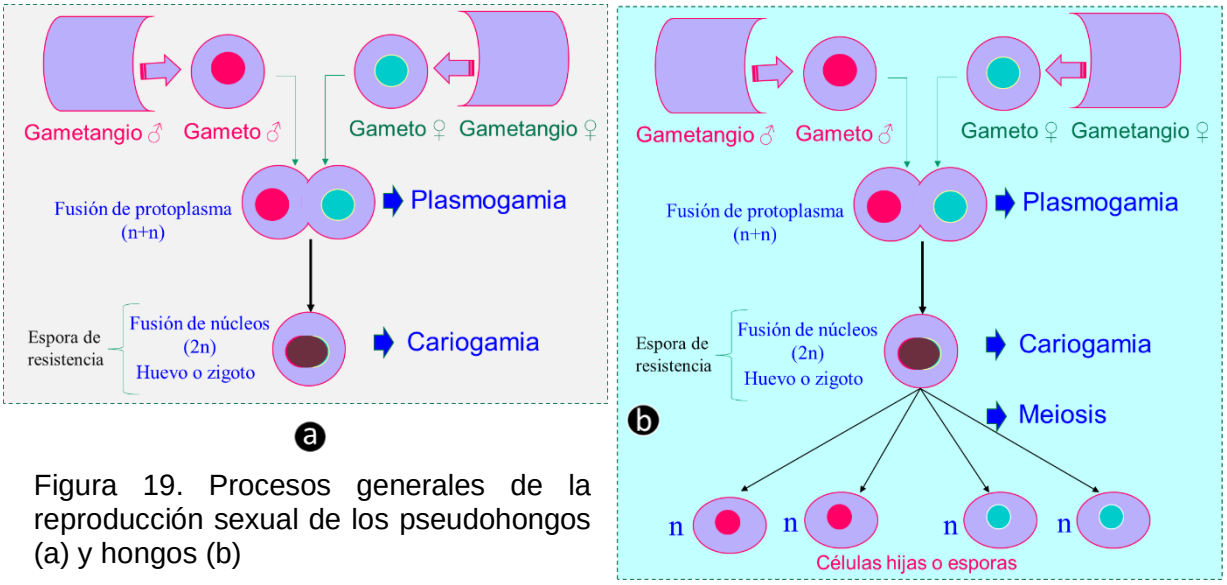


Figura 19. Procesos generales de la reproducción sexual de los pseudohongos (a) y hongos (b)

3.1.1 Formas de reproducción sexual:

Se realiza por los siguientes métodos:

1. **Copulación de planogametos:** consiste en la fusión de dos gametos, los cuales pueden ser motiles o uno motil y el otro fijo. Se producen tanto en pseudohongos (Figura 17 a) y hongos (Figura 18 a).

2. **Conjugación de gametangios:** consiste en la fusión de todo el contenido de los gametangios y pueden realizarse de dos maneras: por el pasaje de todo el contenido de un gametangio hacia el otro o por fusión directa de ambos gametangios. Se produce en pseudohongo de la división Peronosporomycetes (Figura 17 b)

3. **Somatogamia:** Se realiza por la fusión de células somáticas (hifas) compatibles que actúan como gamentangios. Se produce en los hongos que pertenecen a los Mucoromycotas (Figura 18 b).

4. **Contacto gametangial:** en un gran número de hongos los gametos constituyen simples protoplastos provistos de núcleos que nunca son puestos en libertad, sino que permanecen dentro de sus respectivos gametangios y, por ello, tienen que ser transferidos de un gametangio a otro. Se produce en los Ascomycotas (Figura 18 c).

5. **Espermatización:** en hongos cuyos órganos sexuales constituyen una picnia o espermagonio; las picniosporas (espermatias) o gametos masculinos fecundan a las hifas fértiles que se producen en otra picnia (fertilización cruzada). Se produce en los hongos que pertenecen a los Pucciniomycetes (Figura 18 b). Por la forma de fertilización de los Pucciniomycetes se les denomina hongos **heterotálicos**; en consecuencia, en aquellos hongos en el que sus gametos producidos en un mismo talo son compatibles, son denominados hongos **homotálicos** (ascomycotas).

3.2 Reproducción asexual:

En general, la reproducción asexual es la fase más importante para el incremento progresivo de la especie como, también, para diseminarse y colonizar el mayor número de especies en tiempo y espacio, debido a que permite tener el mayor número de individuos en un tiempo menor y, sobre todo, porque la fase asexual se repite varias veces durante un año; mientras que, la fase sexual, se reproduce solo una o dos veces al año.

La fase asexual también es denominada como: fase anamórfica, fase propagativa, fase conídica o fase imperfecta; mientras que, la fase sexual, toma los nombres de fase telemórfica, fase conservativa o fase perfecta; como ya se ha mencionado, la fase asexual se da bajo condiciones favorables y la sexual cuando las condiciones se vuelven desfavorables.

3.2.1. Formas de reproducción asexual:

Se produce bajo condiciones favorables y se puede realizarse por los siguientes métodos:

1. Por fragmentación micelial: Cualquier porción del micelio es capaz de dar origen a un nuevo individuo si las condiciones del medio ambiente lo permiten. Ejemplo: Mayoría de los Deuteromycotas (hongos imperfectos).

2. Por zoosporas, esporas o conídias: Es la forma más común de multiplicación de los hongos. Una zoospora, espora o conídia germina, produciendo un tubo germinativo luego una hifa que se ramifica para dar origen a nuevas estructuras que le dieron origen. Se presentan pseudohongos (zoosporas) y hongos (esporas y conídias).

3. Por gemación: una célula es capaz de producir brotes o yemas que pueden independizarse o no de la madre. Es la forma más común de multiplicación de las levaduras (algunos ascomycota y basidiomycota).

3.3 Ciclo de vida general de los hongos y pseudohongos

En la mayoría de ellos se alternan la fase asexual con la fase sexual. Mientras exista a su disposición nutrientes y las condiciones ambientales que les sean favorables, se desarrollará la fase asexual pudiendo repetirse muchas veces; en cambio, cuando el substrato empobrece o las condiciones ambientales cambian, se inicia el proceso de formación de estructuras sexuales las cuales pasan por diferentes estados y su desarrollo es más lento por lo que demanda menos consumo de energía. Aquellos hongos que desarrollan las dos fases son también denominados hongos pleomórficos.

En formas menos evolucionadas la estructura vegetativa se transforma íntegramente en estructuras de reproducción, a este tipo de organismos se les denomina hongos **Holocarpicos** (pseudohongos no filamentoso), a diferencia de los **Eucarpicos** que

corresponden a formas más evolucionadas en las que sólo una parte del talo se convierte en estructuras reproductivas y la otra parte sigue cumpliendo su función vegetativa (pseudohongos y hongos filamentosos). En la Figura 20. se describe el ciclo general de la reproducción de los hongos y pseudohongos filamentosos.

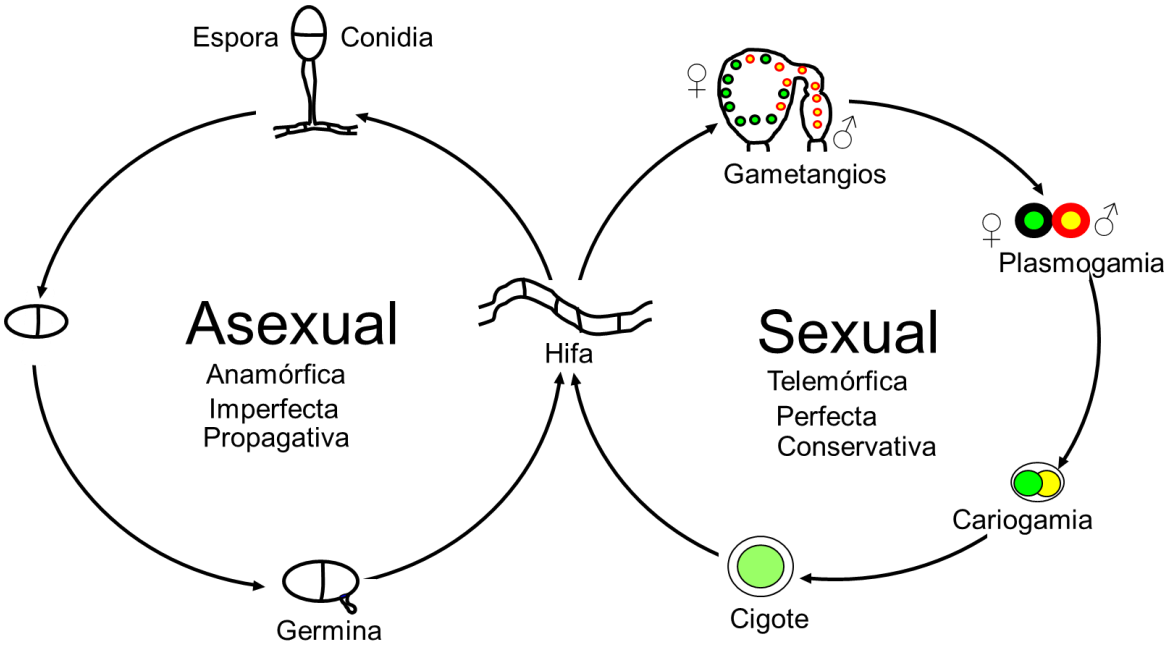
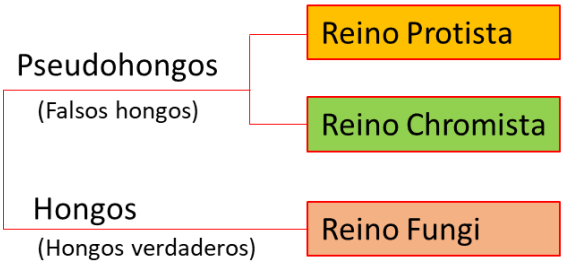


Figura 20. Ciclo general de la reproducción sexual y asexual de los hongos y pseudohongos filamentosos

4 CLASIFICACIÓN, TAXONOMIA Y NOMENCLATURA

4.1 Clasificación

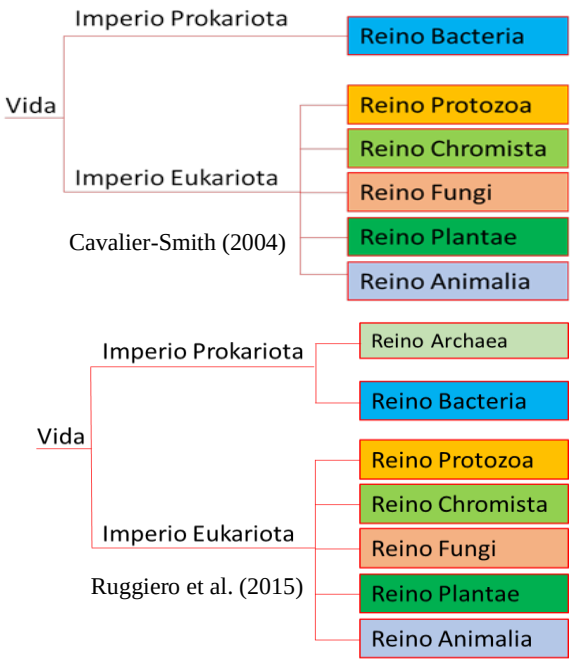
La clasificación de los hongos y pseudohongos ha variado considerablemente en los últimos años. En la 10ht edición del famoso *Dictionary of the fungi*, de Kirk *et al*. (2008), han sido agrupados en 3 reinos diferentes: Protista y Chromista para los pseudohongos y reino fungi para los hongos verdaderos.



Estos tres reinos son parte del sistema de clasificación de los seres vivos, propuesto por Cavalier-Smith (2004), donde divide a los seres vivos en dos dominios o imperios (Procaryota y Eukaryota) que agrupan a su vez 06 reinos (Bacteria, Protozoa, Chromista, Fungi, Plantae y Animalia). El principal aporte fue la supresión del Reino Protista del

sistema de clasificación de Woese et al., (1977) (Figura 2) y en su lugar se crean los reinos Protozoa y Chromista; dando origen a los conceptos de pseudohongos y hongos verdaderos (reino Fungi).

Ruggiero et al. (2015), propone la separación del reino bacterias del sistema de clasificación de Cavalier-Smith (2004), en dos reinos distintos, el Reino Bacteria y el Archaea, y así se llegó al sistema de 07 reinos de uso y aceptación actual.



4.2 Taxonomía

La taxonomía es la ciencia de la clasificación, tiene, por tanto, la misión de establecer como primer paso una caracterización y delimitación clara de los hongos que deben ser considerados como “iguales” o “distintos”, y después ordenar esta diversidad en un sistema de grupos taxonómicos. En la actualidad, la taxonomía está en constante revisión y propuestas de cambios de acuerdo con los avances de la biología molecular y la proteómica que está cambiando considerablemente la taxonomía basada en caracteres morfológicos. A continuación, se describe aspectos básicos de las herramientas taxonómicas en la clasificación de hongos.

a. Taxonomía tradicional o convencional:

Hasta la década de 1980, la taxonomía de los hongos fue basado principalmente en la observación de sus características morfológicas como: presencia o ausencia de septa en sus hifas, formación y mecanismos de liberación de sus estructuras propagativas, aspectos de su biología y ecología, detalles ultraestructurales proporcionados por microscopía electrónica de transmisión, composición bioquímica de la pared celular, presencia de pigmentos y otros compuestos como la lisina y azúcares.

Las características microscópicas siguen siendo, hoy en día una labor importante para una identificación inicial de los hongos, pero es necesario su respaldado por métodos moleculares (comparación de secuencias de ADN). Por lo tanto, es tan necesario como siempre fue, enseñar el arte de examinar e identificar a los hongos en la ciencia de la micología y la fitopatología.

Taxonomía molecular:

La taxonomía molecular se basa en la secuencia del ADN (Genómica) o en las propiedades de sus productos proteicos (Proteómica), especialmente las enzimas. Las secuencias de genes o proteínas han permitido comparar las especies de hongos, y esas diferencias o semejanzas han permitido construir árboles filogenéticos cada vez más completos en los últimos 25 años. El secuenciamiento del ADN, se ha convertido en una exigencia de rigor en los trabajos de taxonomistas y sistematistas. En la Figura 21, se muestra la filogenia de los hongos, pseudohongos y otros organismos emparentados. Las ramas que se conectan entre sí representan en común su historia evolutiva y en cada punto de ramificación se encuentra el ancestro común más reciente que comparten todas las especies que descienden a partir de ese punto. Según este árbol, el Reino Eumycota o Fungi (hongos verdaderos) es un grupo emparentado con los animales, y no de las plantas; de hecho, compartimos muchas características básicas con los hongos, como la tenencia de quitina, glucógeno y la presencia de células flageladas (flagelo liso y de inserción posterior), esta última característica sólo la división Chytridiomycota las posee. Los pseudohongos filamentosos con pared celular como los Oomycota (Peronosporomycetes) que pertenece al reino Straminipila o Straminopila está más emparentada con las plantas por tener en su pared celular altos contenidos de celulosa. En cambio, los pseudohongos sin pared celular (Plasmidiophoromycetes) están lejanamente emparentados con los hongos, pero comparten un ancestro en común.

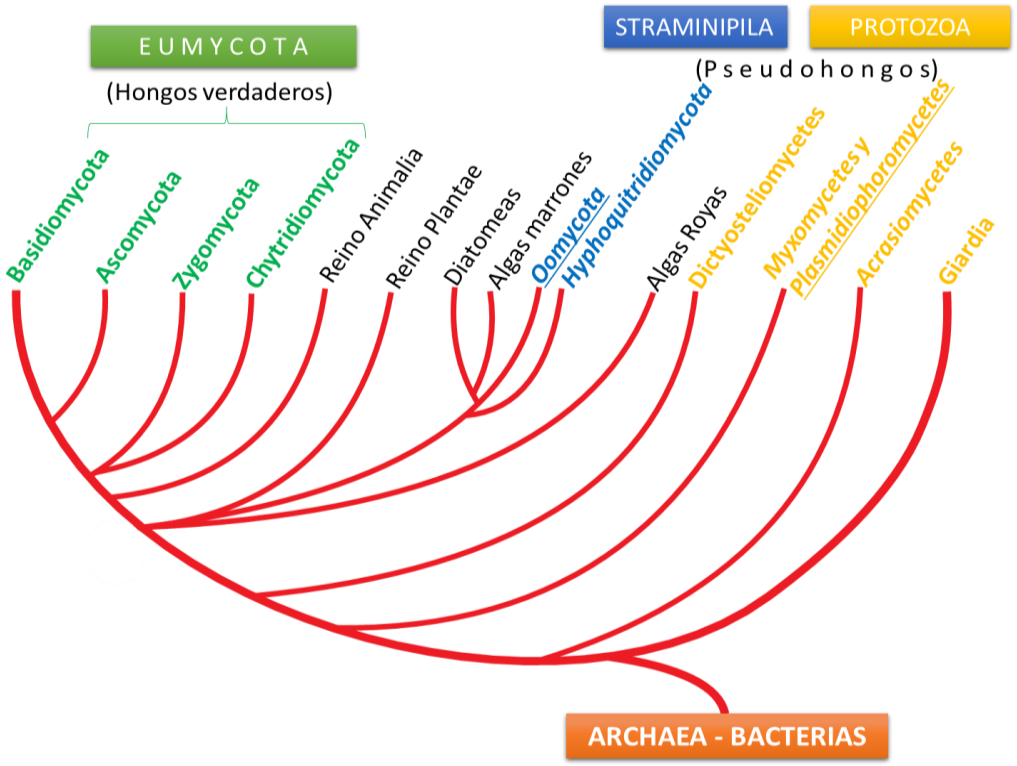


Figura 21. Relaciones filogenéticas de hongos (Color verde) y pseudohongos (color azul y amarillo; los subrayados tienen especies fitopatógenas) con otros organismos Eucariotas. El análisis está basado en la comparación de la secuencia del ADNr 18S. Adaptado de Bruns et al. (1991).

Filogenia por análisis proteómico

Estudio de análisis proteómico del reino fungi (Figura 22), establece que existen tres grupos que divergen y se ramifican en subgrupos.

El **grupo I** corresponde a los hongos monocarióticos (Monocariotic fungi) y consta de tres subgrupos (Cryptomycota, Chytridiomycota y Zygomycota) que no producen células Dikarioticas en ningún momento del desarrollo de su ciclo de vida.

El **grupo II** corresponde a los Basidiomycotas, que son hongos que producen células dicarióticas y sus esporas en su fase sexual se forman externamente sobre pequeños cuerpos llamado basidia, y constan de las subdivisiones Pucciniomycotina, Ustilaginomycotina y Agaricomycotina.

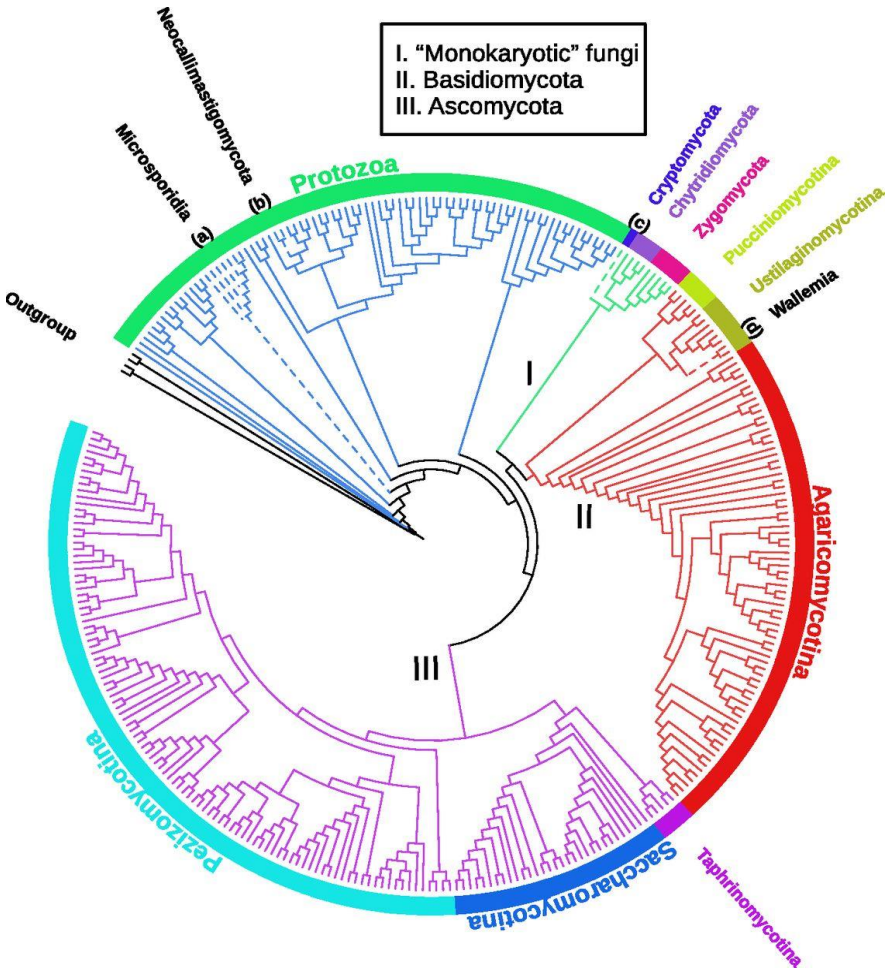


Figura 22. Representación del árbol proteómico del Reino Fungi. La ramificación filogenética de los tres grupos principales está coloreados de verde claro para el Grupo I (hongos monocarióticos), rojo para el grupo II (Basidiomycota), y purpura para el grupo III (Ascomycota) que corresponde a los hongos dicarióticos. Todos los protistas están en color azul y negro para otros grupos Tomado de: Choi and Sung-Hou (2017).

El **grupo III** corresponde a los Ascomycotas, producen células dicarióticas cuyas esporas sexuales se forman internamente dentro de un saco llamado "asca" y, consta de las subdivisiones Taphrinomycotina, Saccharomycotina y Pezizomycotina. Estos tres grupos principales, parecen haberse ramificado casi simultáneamente del ancestro común de todos los hongos. Según este análisis, las divisiones Neocallimastidiomycota y Microsporidia pertenecen al reino de los Protozoa.

Evolución de la Filogenia de los Hongos y Pseudohongos

En algún momento histórico del estudio de los hongos se pensó que ellos serían parientes cercanos de plantas no vasculares. La Figura 23, muestra que los Pseudohongos (Oomycota) que poseen pared celular, provienen ancestralmente de las algas marrones (Xhantophytas) y algas verdes (Clorophytas), mientras que los hongos provienen de las algas verdes y de las rojas (Rhodophytas); sin embrago, los estudios filogenéticos moleculares muestran que están emparentados, pero es muy lejana, dado que están más cercanamente relacionados con los animales (Figura 21 y 24a).

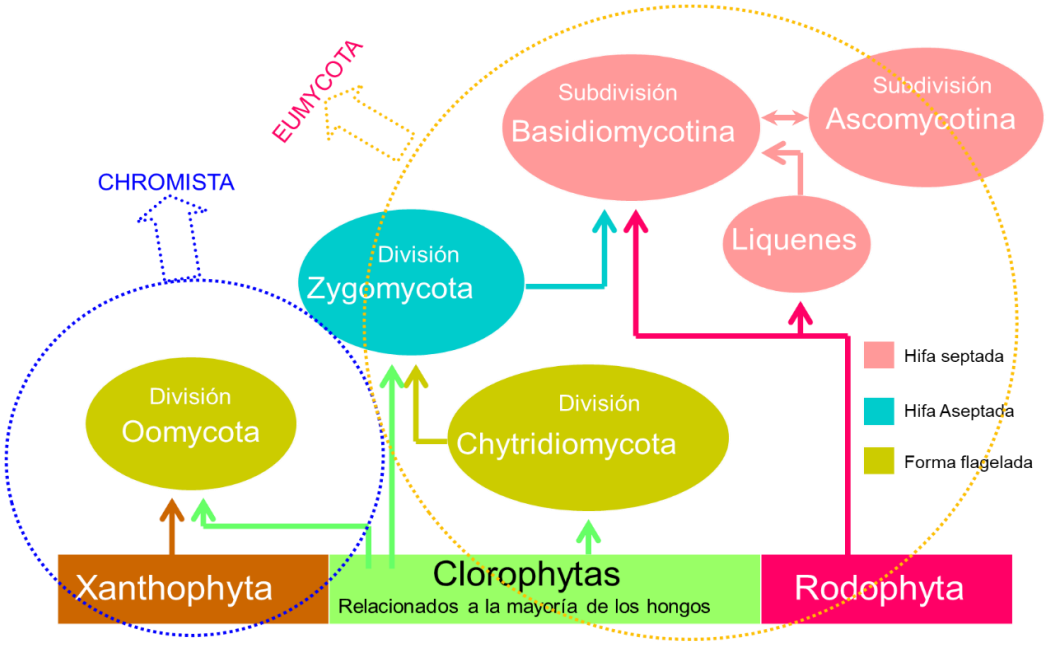


Figura 23. Filogenia de los hongos y pseudohongos en el que se representa su evolución a partir de algas

La división *Chytridiomycota* (quítridios), ha sido considerado por muchos años como el grupo basal que mantiene las características más primitivas de reino fungi como la presencia de flagelos y centriolos; además, esta división, es una característica en común con los animales. De esta división base, se derivaron el resto de los grupos taxonómicos de hongos que perdieron flagelos y centriolos. La división Zygomycota sería el exponente de ese cambio evolutivo, al no poseer flagelos, pero tienen un micelio bien desarrollado sin septas; progresivamente, las hifas de algunos hongos empezaron a desarrollar

septas y a presentar en alguna etapa de su vida una fase dicariótica (células con dos núcleos); esta característica ha dado a lugar a la denominación de *hongos superiores*, que se dividieron en dos divisiones Ascomycota y Basidiomycota (Figura 24 a). Se estima que el reino Fungi, divergió de los animales a partir de un ancestro común unos 800 a 900 millones de años. La Figura 24 b, expresa los cambios o reubicaciones taxonómicas de los hongos a partir de los grupos taxonómicos clásicos expresados en la Figura 24 a. En esta clasificación aparecen dos nuevas divisiones: los Glomeromycotas y Neocallimastigomycota. Los hongos conocidos como micorrizas vesículo arbuscular (MVA) , clasificados tradicionalmente dentro de la división Zygomycota, orden Glomales en la actualidad, han sido excluidos y han pasado a formar parte de la división Glomeromycota. En general, la mayoría de los hongos son aeróbicos; sin embargo, existe un grupo de hongos anaeróbicos que viven en el tracto digestivo de los animales herbívoros (*Neocallimastix hurleyensis)* que antes estaban dentro de los Chytridiomycota y ahora han sido reubicados dentro de una nueva división Neocallimastigomycota. Esta división ha estado considerada como una división del Reino protozoa. El género Rozella, es un pseudohongo sin pared celular agrupado en los Criptomycota (Figura 22). Los Zygomycota aparecen en líneas punteadas (Figura 24 b) por existir una tendencia en eliminarlo como grupo taxonómico debido a que taxones de menor jerarquía se están elevando a una mayor categoría, ya sea por criterios moleculares o características específicas en su ciclo de vida.

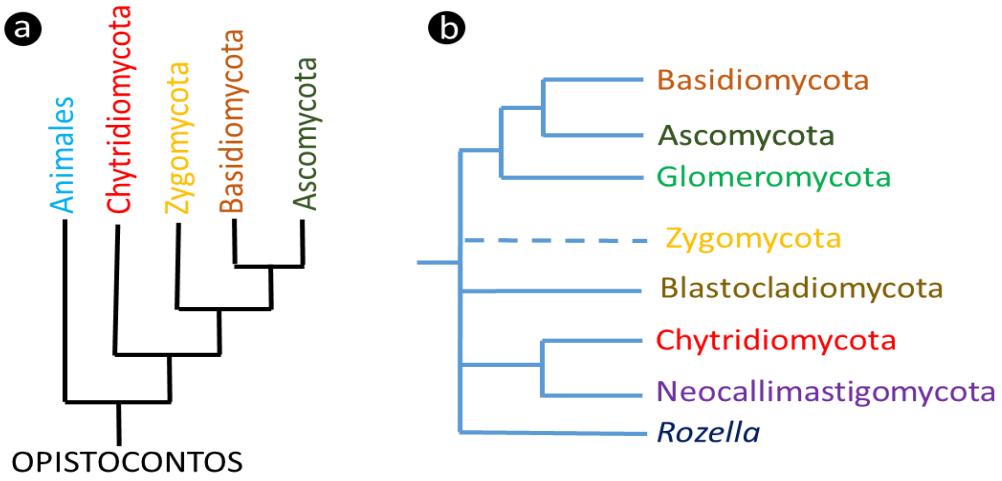


Figura 24. Cambios en los clados de filogenia de los hongos. a. clados clásicos. b. Nuevos clados según los resultados de los estudios moleculares

A continuación, se mostrarán diferentes clados taxonómico de hongos propuestos por diversos autores y notarán que, en cada uno de ellos, hay ligeras diferencias.

Hibbett et al. (2007), en el artículo *A higher-level phylogenetic classification of the Fungi*, que cuenta con 70 coautores, propone una clasificación basada en análisis molecular del reino Fungi y, asimismo, propone el subreino Dikarya que comprende a los Basidiomycotas y Ascomycotas. El término se refiere a la formación de células que

contienen dos núcleos durante el proceso de reproducción sexual. En esta clasificación (Figura 25 a), aparecen siete divisiones (Ascomycota, Basidiomycota, Glomeromycota, Chytridiomycota, Neocallimastigomycota, Microsporidia y Blastocladiomycota), diez subdivisiones, 35 clases, 12 subclases y 129 órdenes.

Las modificaciones más saltantes al sistema de clasificación tradicional (Figura 24 a) es que los Chytridiomycota se mantienen, pero se crean dos divisiones nuevas los Neocallimastigomycota, Blastocladiomycota. La división Zygomycota, que desaparece y en su lugar se crea la división Glomeromycota y tres subdivisiones (Mucoromycotina, Zoopagomycotina y Enthomophthoromycotina). La división Microsporia, en la actualidad, ha sido incorporado dentro del reino animalia por tener más características de este reino.

Blackwell (2011), en su artículo titulado *The Fungi: 1, 2, 3…5.1 Million Species?*, presenta 11 categorías taxonómicas a nivel de división: Chytridiomycota, Monoblepharidiomycota, Neocallimastidiomyocta, Blastocladiomycota, Zygomycota 1, Zygomycota 2, Glomeromycota, Ascomycota y Basidiomycota y Microsporida (Figura 25b). Hasta ese entonces, se han descrito 99 462 especies; sin embrago, se estima que existe alrededor de 5.1 millones de especies en el mundo, por lo tanto, faltaría el descubrimiento del 82% de especies.

En esta clasificación propuesta por Blackwell (2011), la clase Monoblepharidomycetes de la división Chytridiomycota, ha sido ascendido a la categoría división, además, note que la división Zygomycota aparece como Zygomycota 1 y 2. El grupo Microsporidia agrupado en el reino protista en la Figura 22, aparece en esta clasificación como un hongo verdadero. Una de las posibles deficiencias de este sistema de clasificación es considerar a las divisiones Neocallimastigomyocta y Microsporidia como hongos verdaderos siendo estos, según sus características, pseudohongos.

En el Texto *The Kingdom of Fungi* de Petersen (2013), se describen 07 divisiones que incluyen a Neocallimastigomycota, Blastocladiomycota, Chytridiomycota, Glomeromycota, Zygomycota, Basidiomycota y Ascomycota y el grupo de los Microsporidia (Figura 26). Este sistema es similar al propuesto por Blackwell (2011), pero no incluye a los Monoblepharidomycotas y mantiene como división a los Zygomycotas.

Spatafora et al., (2016), al realizar la clasificación filogenética de los Zygomycetes, reemplaza la división Zygomycota en dos nuevas divisiones Mucoromycota y Zoopagomycota.

La división Glomeromycota, en esta clasificación es una subdivisión (Glomeromycotina) de la División Mucoromycota (Figura 27), División Mucoromycota: agrupa los fitopatógenos *Mucor* sp. y *Rhizopus* sp. pertenecientes a la subdivisión Mucoromycotina; *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Rhizophagus* sp. y otros pertenecen al grupo de micorrizas tipo vesículo arbusculares (MVA) pertenecientes a la subdivisión Glomeromycotina y géneros como *Mortierella* que son saprófitos descomponedores de la materia orgánica y están agrupados dentro de la subdivisión Mortierellomycotina.

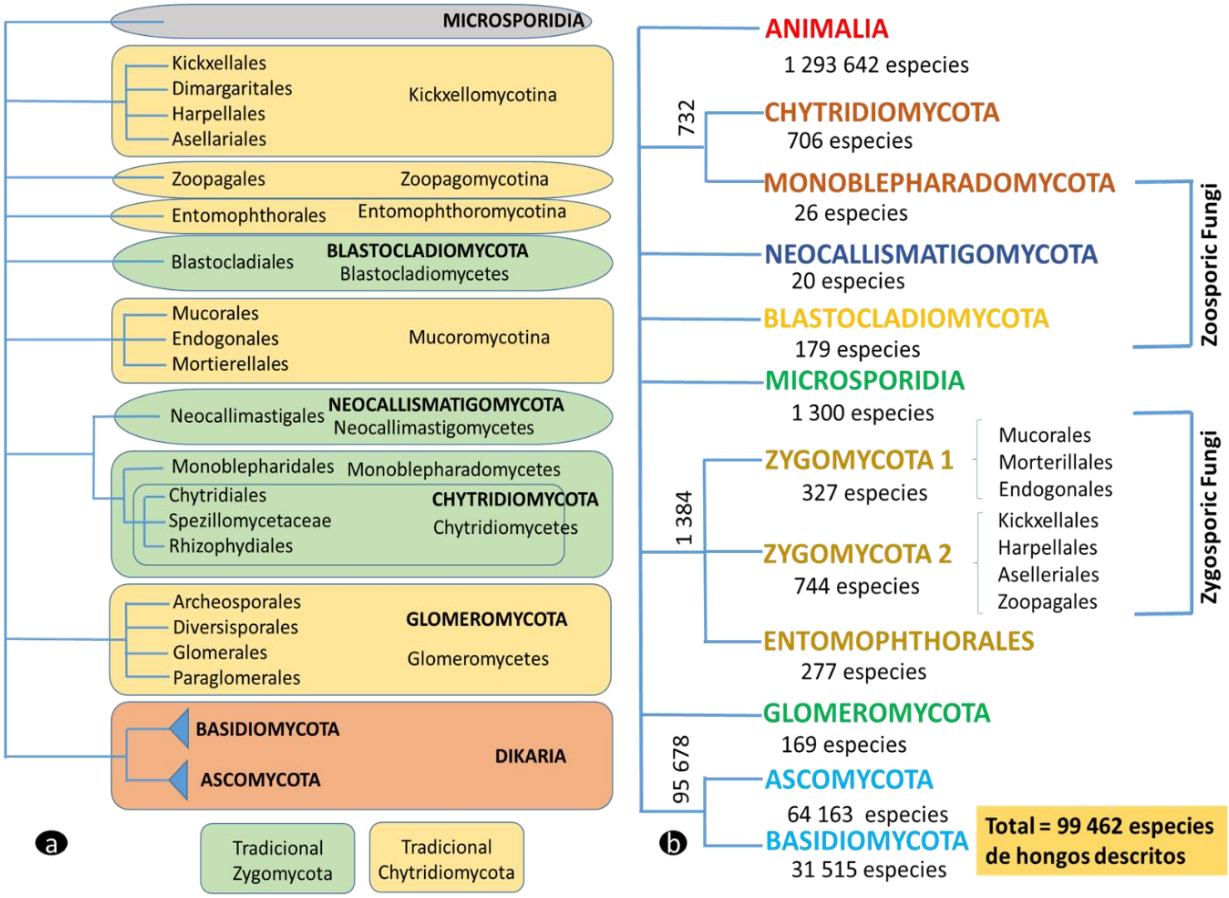


Figura 25. a). Clasificación propuesta por Hibbett et al. (2007). b). Clasificación propuesta por Blackwell (2011). Árbol filogenético ha sido construido en base a los reportes de Hibbett et al. (2007), White et al. (2006), James et al. (2006). El número de especies esta basado en los reportes de Kirk et al., (2008).

División Zoopagomycota: Agrupa a las divisiones Entomophthoromycotina (agrupa a entomopatogenos); esta ya es considerado como una nueva división que comprende al Kickxellomycotina (agrupa a saprófitos y micoparasitos) y al Zoopagomycotina (parasito obligado de amebas, hongos y nematodos).

División Blastocladiomycota: agrupa a hongos de hábitat acuático o del suelo, esta nueva división todavía no está aceptada oficialmente.

División Criptomycota: agrupa a un pequeño grupo de protistas opistocontos relacionados con los hongos. Son endoparásitos o epibiontes de protistas, hongos y algas. Se presentan como zoosporas uniflageladas, esporas aflageladas o quistes sin pared.

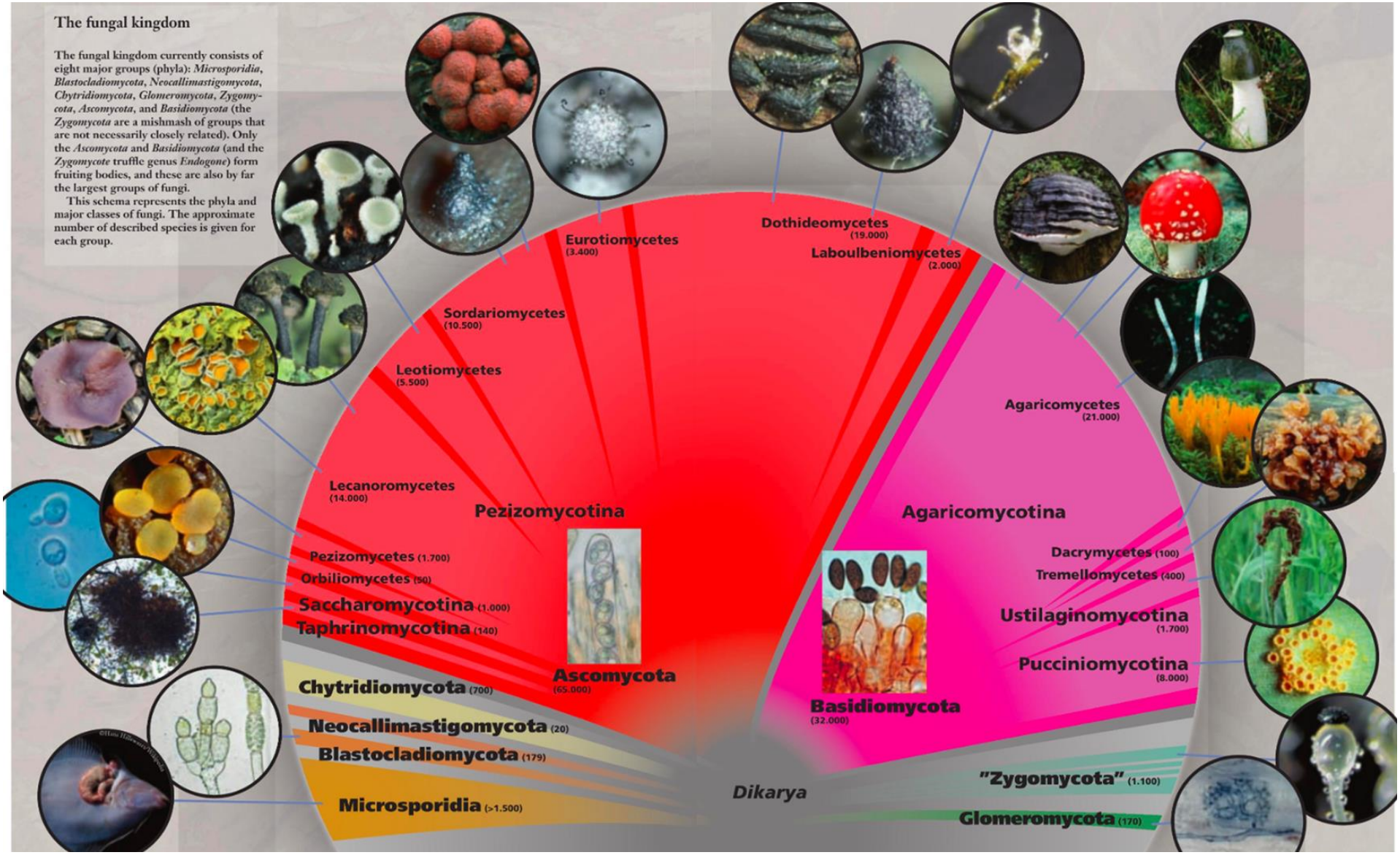


Figura 26. Clasificación del reino Fungi, según Petersen, 2013 en su texto *The Kingdom of fungi*.

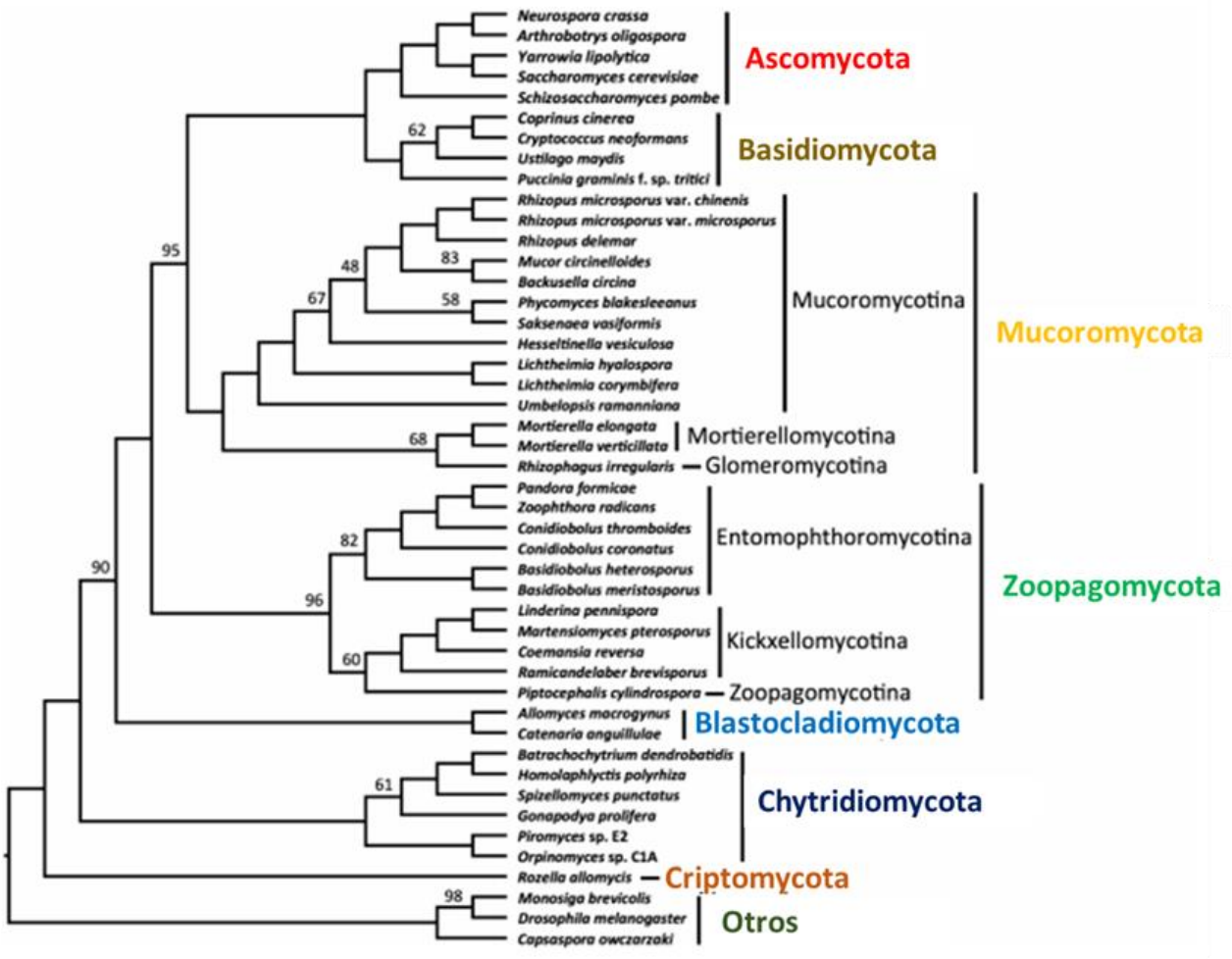


Figura 27. Propuesta de clasificación filogenética de los hongos por Spatafora et al., (2016).

4.3 Nomenclatura

La nomenclatura es una subdisciplina de la biología sistemática que aplica las reglas para nombrar a los taxa (en latín el plural de taxón es taxa, en español en plural adecuado es táxones), siendo la disciplina de la taxonomía lo que define los taxones. Para los hongos, ésta se ha regido, desde 1867, por las normas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica y desde julio de 2011, por el "Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas" (International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants: https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php). La terminación del nombre de un taxón indica su jerarquía por debajo del nivel de Reino, en este caso, por debajo del Filo (Phylum) o División. Existe literatura especializada en el que unos emplean Phylum (Filo) y otros División. Al respecto existe consenso sobre que el taxón Phylum se debe emplear para clasificar a un animal y División para clasificar plantas, hongos y bacterias. Sin embargo, la "International Code of Nomenclature for algae, fungi

and plants" deja libre la elección de emplear División o Phylum. En este texto, se empleará categorías taxonómicas a las que se deriven a partir del taxón División.

Los nombres de cada una de las categorías taxonómicas deben tener las siguientes terminaciones

A partir de los nombres del género y especies no presentan terminaciones estándar.

GRUPOS TAXONOMICOS	Terminaciones
Reino: Fungi (Hongo)	
División	... mycota
Subdivisión	... mycotina
Clase	... mycetes
Subclase	... mycetidae
Orden	... ales
Suborden	... ineae
Familia	... aceae
Género	
Especie	
Forma	
Forma especial	
Raza fisiológica	

El nombre científico de un hongo se escribe con un binomio, en el cual el primer término identifica el género y el segundo la especie. Además, se debe adicionar el nombre o nombres de los autores del binomio e incluye a los que realizaron las modificaciones tanto a nivel de género y especie. Por ejemplo: actualmente el binomio del agente causal de la "moniliasis" del cacao es *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) H.C. Evans et al. 1978. Sin embargo, su escritura ha cambiado desde la primera propuesta dado por Ciferri y Parodi en 1935: *Monilia roreri* Cif. y Par. Evans et al. (1978), al revisar las características ultraestructurales por microscopia electrónica encontró diferenciales que no correspondían a las descritas para el género *Monilia,* por lo que, propuso su modificación a *Moniliophthora*. El o Los autores que aparecen en paréntesis corresponden a los que propusieron primer binomio y los siguientes son los autores que han realizado modificaciones.

Reglas de escritura de los nombres científicos:

La escritura del nombre científico a nivel de género y especie en cualquier medio tipográfico o electrónico debe hacerse en cursiva o itálica; si la escritura es manual, debe ser en letra imprenta subrayándose el género y especie por separado.

En un escrito, en la primera oportunidad que se presente de nombrar el nombre científico, esta debe escribirse completo que incluye el género, especie y autores. Por ejemplo:

"Rancha de la papa, causado por el pseudohongo *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary afecta a todas las variedades …".

En las siguientes menciones no es necesario incluir al autor. Puede escribirse de la siguiente manera: *Phytophthora infestans* o *P. infestans.*

Su clasificación taxonómica debe ser de la manera siguiente:

Reino: Stremonopila

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora infestans*

F. asexual: No determinado

El agente causal de la Roya amarilla del café debe ser escrito como *Hemileia vastatrix* Berk & Broome, cuando se cite por primera vez en cualquier documento técnico. Respecto a su posición taxonómica debe ser respetando las terminaciones.

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Subdivisión: Pucciniomycotina

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Familia: Puccinaceae

Género: *Hemileia vastatrix*

Fase asexual: No determinado

5 TAXONOMIA DE HONGOS FITOPATOGENOS

La taxonómica a emplearse en el presente texto es una adaptación para un nivel de enseñanza académica de pregrado y se hace en relación con las propuestas realizadas por Hibbett et al. (2007), Kirk et al., (2008), Blackwell (2011), Petersen (2013) y Spatafora et al., (2016). En la Figura 29 se muestra el cuadro sinóptico de las categorías taxonómicas y las que están escritas en color rojo son las que tienen géneros de importancia fitopatológica en cultivos agrícolas y algunos con énfasis en cultivos tropicales y subtropicales. Además, nótese que en esta propuesta de clasificación no aparece la antigua división Zycomycota, en su lugar aparecen las Divisiones Mucoromycota, Zoopagomycota y Glomeromycotas. La Division Deuteromycota, está en desuso; sin embrago, en este texto se mantendrá por razones que se exponen en la página 261.

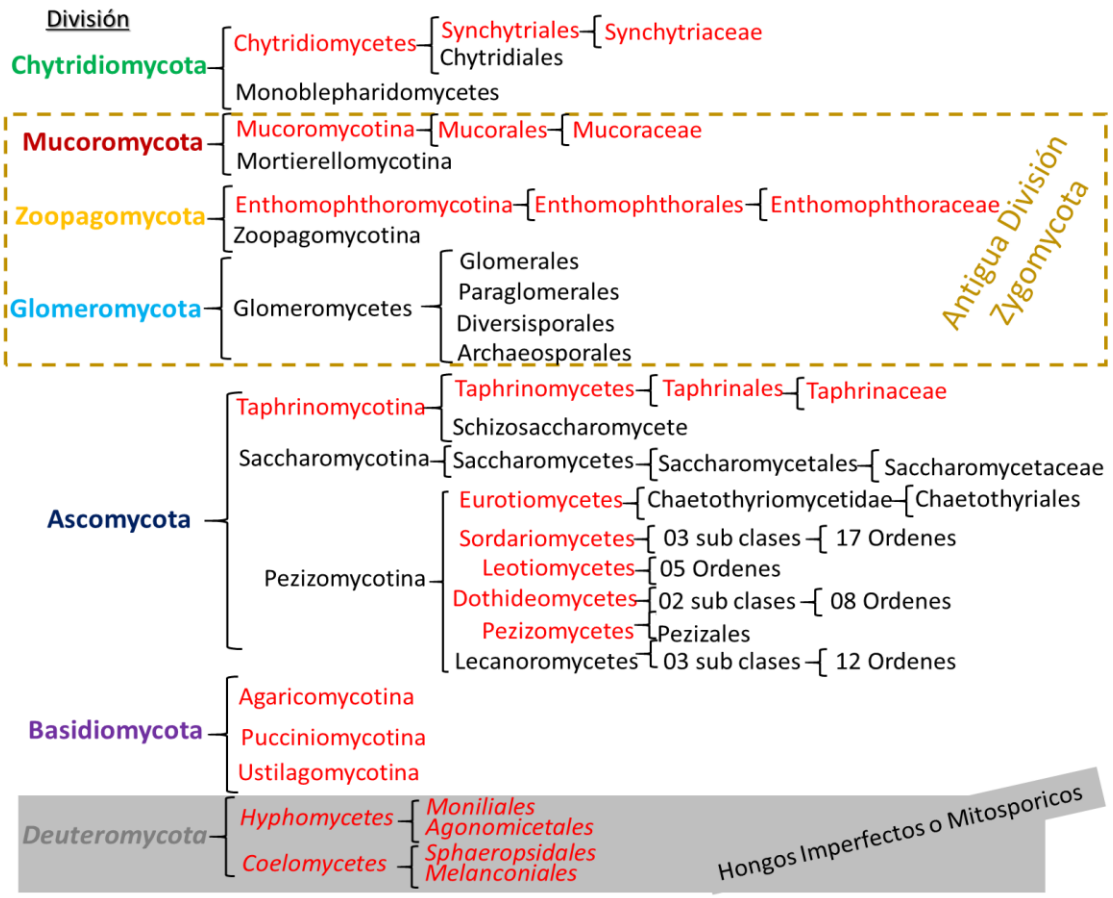


Figura 29. Esquema taxonómico de los hongos de interés agronómico a ser empleados en este texto. Elaborado a partir Kirk et al., (2008).

6 DIVISIÓN: CHYTRIDIOMYCOTA

La división Chytridiomycota comprende más de 900 especies en cinco órdenes, de las cuales, más del 50% de las especies pertenecen a los Chytridiales.

Los hongos de esta división son coloquialmente llamados “chytridios”, la mayoría crecen aeróbicamente en el suelo, lodo o en el agua. Se reproducen por zoosporas con un solo flagelo posterior tipo látigo. Algunas especies habitan los estuarios (parte del rio que desemboca en el mar) Manglares o deltas y otras en el mar. Muchos otros son saprófitos, que utilizan la celulosa, quitina, queratina, etc., de plantas y animales en descomposición, mientras que las especies de *Caulochytrium* crecen como micoparásitos en el micelio y conidios de hongos terrestres.

Algunos quítridos, son parásitos obligados de algas filamentosas y diatomeas que en ocasiones han disminuido severamente la población del fitoplancton en agua dulce. Otros quítridos como *Synchytrium* y *Olpidium,* son parásitos obligados de plantas vasculares. *Synchytrium endobioticum* es el agente causal de la “verruga de la papa” y *Olpidium brassicae* es el agente causal de la “hernia” de las raíces de la col, lechuga y otras plantas; su rol más importante de ambos es cuando actúan como vectores de virus en cultivos de papa y trigo.

Coelomomyces spp. son patógenos de copépodos (microcrustaceos) y larvas de los mosquitos agua dulce. El grupo más inusual son los Neocallimastix (Neocallimastigomycota), que crecen en el rumen de los mamíferos herbívoros y son uno de los pocos hongos que son anaeróbicos.

La Figura 30, establece las categorías taxonómicas de la división Chytridiomycota. Los taxones resaltados en rojo tienen importancia fitopatológica.

6.1 Clase: Chytridiomycetes

La mayoría son acuáticos y viven como parásitos de plantas superiores, algas o como saprófitos sobre la materia orgánica. Los más primitivos poseen micelio poco diferenciados o rudimentarios denominados rizomicelio, los más evolucionados poseen micelio bien desarrollado, en el que se puede notar eventualmente la presencia de pseudoseptas. Como estructuras reproductivas producen zoosporas uniflageladas, por su característica de movimiento en una suspensión acuosa se denominan planosporas (esporas con capacidad de planear). Las zoosporas actúan como gametos (planogametos) en su fase sexual. En algunos géneros, toda su estructura vegetativa se transforma en un esporangio (Figura 30 a); a este tipo de hongos se les denomina hongo holocarpico.

Las estructuras en su fase de reproducción asexual producen esporangios operculados (con orificio de salida) o inoperculados (Figura 31). En su fase de reproducción sexual producen una espora de descanso o un esporangio de descanso.

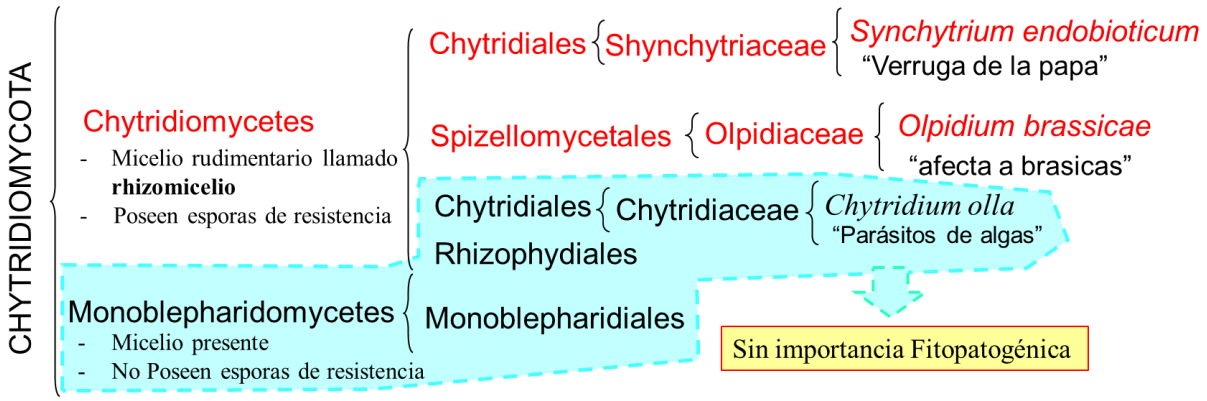


Figura 30. Clasificación taxonómica de la división Chytridiomycota

6.1.1 Orden: Chytridiales

Familia: Synchytriaceae

El género representativo en esta familia es *Synchytrium,* que incluye alrededor de 120 especies, son parásitos biotróficos obligados (endobióticos) de plantas con flores, helechos, musgos y algas. Algunas especies solo parasitan a un rango estrecho de hospedantes, por ejemplo, *Synchytrium endobioticum* solo asociado a Solanáceas, pero otros como *Synchytrium macrosporum*, tiene un amplio rango de hospedantes. La mayoría de las especies no son muy destructivas, pero producen la formación de agallas o tumores en las raíces, tallos, hojas y frutos.

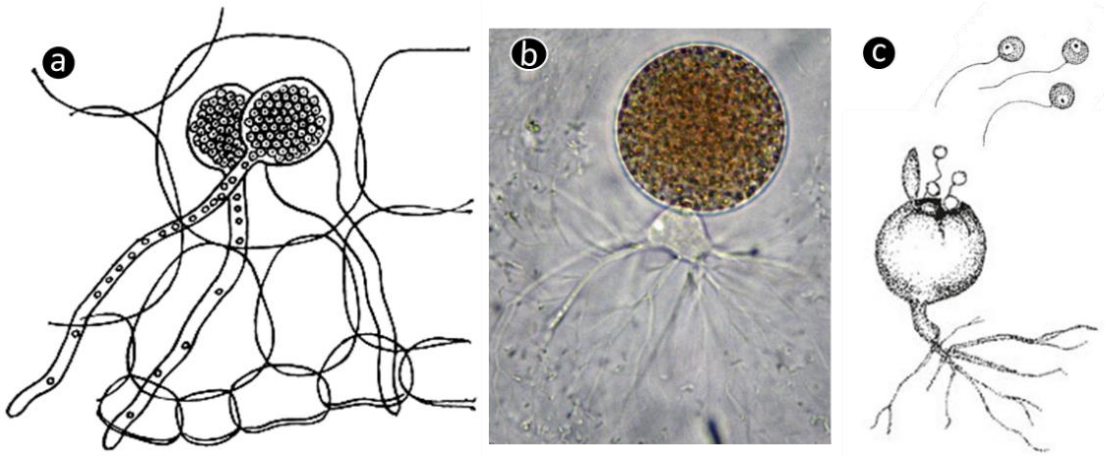


Figura 31. Estructuras de los Chytridiomycetos. Hongo holocárpico, toda la estructura vegetativa ha formado una estructura propagativa (a). Esporangio y micelio poco desarrollado (b). Esporangio operculado liberando zoosporas con un solo flagelo tipo látigo (b).

Nombre de la enfermedad: "verruga de la papa"

Agente causal: *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Percival.

Es un parásito biotrófico, holocarpico y endobiotico.

Clasificación:

División: Chytridiomycota

Clase: Chytridiomycetes

Orden: Chytridiales

Familia: Syntrytriacaeae

Género: *Synchytrium endobioticum*

F. asexual: No conocido

Síntomas:

Los tubérculos enfermos presentan, al inicio, pequeñas hipertrofias de color blanco; después, se tornan de color marrón oscuro en forma de cabeza de coliflor. Estos síntomas también se pueden formar en los brotes aéreos. La enfermedad no causa daños significativos, pero en ocasiones se observa su presencia en algunas plantas. En zonas paperas altoandinas de la región Huánuco se presenta eventualmente en la variedad Canchán (Figura 32). Es una enfermedad distribuida a lo largo de las principales regiones productoras de papa del mundo, especialmente en zonas montañosas y aquellos con un clima cálido y húmedo.

Los síntomas pueden parecerse a alguno de los causados por el "carbón de la papa (pág. 256) o la "sarna pulverulenta" de la papa (pág. 302); por ello, es importante un buen proceso de diagnóstico.

Figura 32. Síntomas hipertróficos causados por *Synchytrium endobioticum* en tubérculos de papa. Tomado de: https://www.stuff.co.nz/southland-times/news/70034708/gardeners-urged-to-watch-for-potato-disease

6.1.2Orden: Spizellomycetales

Familia: Olpidiaceae

Son hongos parásitos tanto de animales como de plantas y del grano de polen.

Nombre de la enfermedad: "pudrición de raíces" en col.

Agente causal: *Olpidium brassicae* (Woronin) P. A. Dang.

Síntomas:

Causa pudrición en raíces y tallos en col. Es una enfermedad no común en este cultivo. No hay reportes sobre daños económicos.

Clasificación:

División: Chytridiomycota

Clase: Chytridiomycetes

Orden: Spizellomycetales

Familia: Olpidiaceae

Género: *Olpidium brassicae*

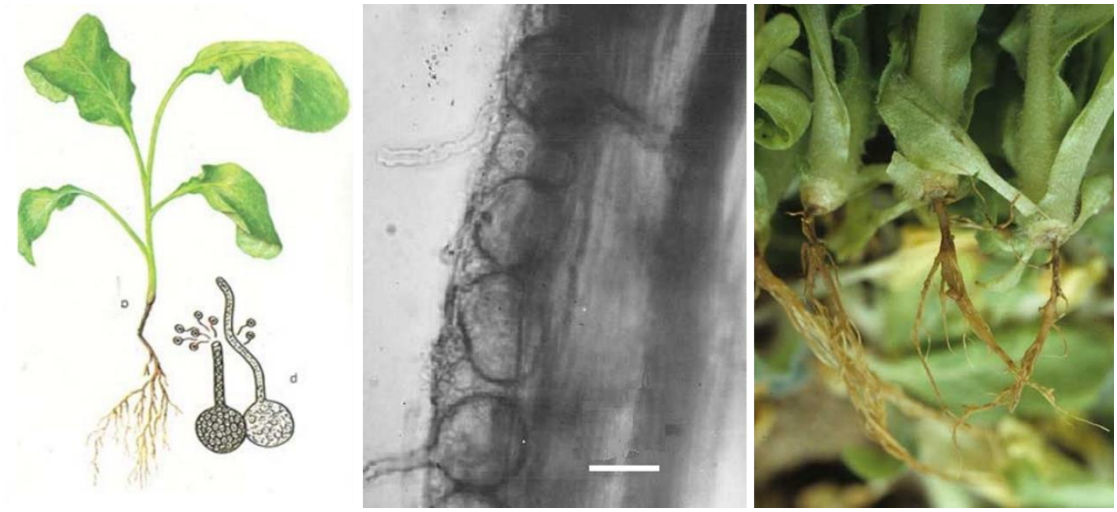


Figura 33. Síntomas causados por *Olpidium brassicae* en raíces de col. Tomado de: https://www.google.com/search?q=Olpidium+brassicae

Nombre de la enfermedad: “Agallas del haba”

Agente causal: *Olpidium viciae* Kusano.

Clasificación:

División: Chytridiomycota

Clase: Chytridiomycetes

Orden: Spizellomycetales

Familia: Olpidiaceae

Género: *Olpidium viciaceae*

Síntomas:

Olpidium viciae causa varios síntomas que dependen da la etapa de desarrollo del cultivo, tiempo de infección y condición ambiental. Los síntomas aparecen principalmente en hojas y tallos, la zona infectada se torna de color marrón y depresión hacia el envés donde se observan agallas. A menudo, se unen 20 a 30 y forman enormes agallas (Figura 34).

Figura 34. síntomas causados por *Olpidium viciae* (Agalla del haba). Modificado a partir de Debela y Tola (2017).

6.1.3 Orden: Chytridiales

Poseen como estructura vegetativa el rizomicelio, el esporangio producido sobre ella tiene doble comportamiento dependiendo de la fase asexual o sexual que desarrolle en ese momento. En la fase asexual se comporta como esporangio que contiene a las zoosporas, en cambio al desarrollar la fase sexual se convierte en un gamentangio. Muchos de los géneros comprendidos en este orden son holocárpico (toda la estructura vegetativa se convierte en una estructura sexual) o eucárpico (solo una parte de la estructura vegetativa se convierte en una estructura sexual). Pueden ser acuáticas o terrestres, y vivir parasitando algas y plantas. Muchos son parásitos obligados de algas como *Chytridium olla.*

Familia: Chytridiaceae

La especie más representativa es *Chytridium olla* es el la primer quitridio parásito obligado, descrito a partir del alga *Edogonium capilliforme.* Esta familia no ostenta parásitos de plantas.

7 DIVISIÓN: MUCOROMYCOTA

La división Mucoromycota, Zoopagomycota y Glomeromycota, tradicionalmente ha estado clasificado dentro de la antigua división Zygomycota. Su clasificación tradicional se presenta en la Figura 35.

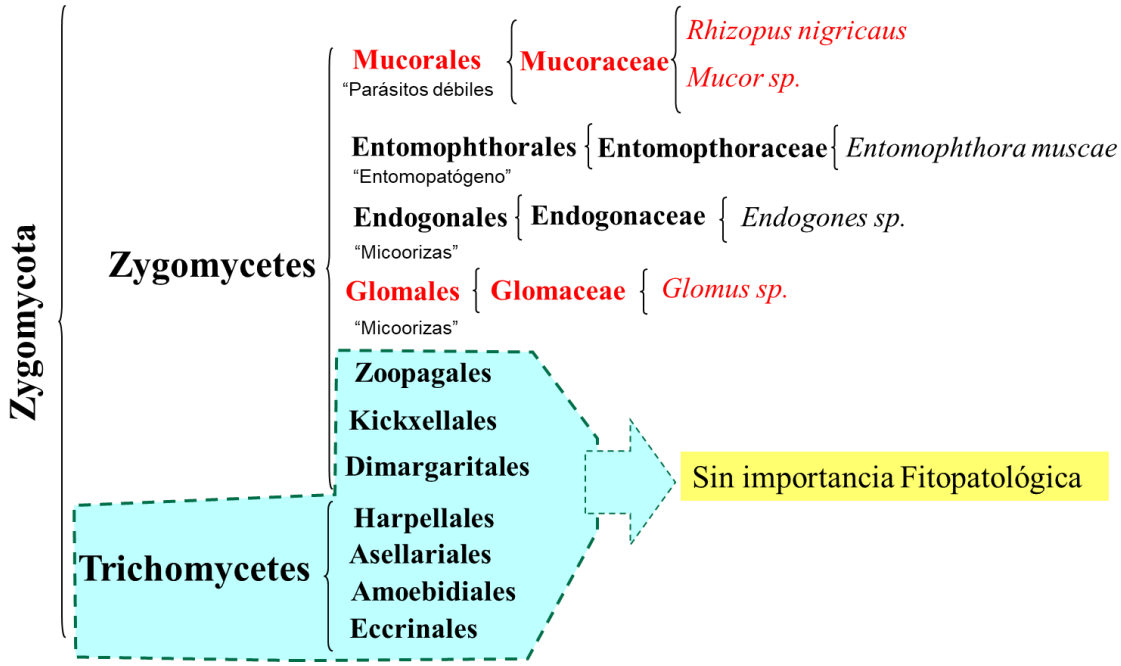


Figura 35. Antigua clasificación taxonómica de la división Zygomycota. Los resaltados en rojo, tienen importancia fitopatológica

En esta división se incluían 02 clases:

- Los Zygomycetes que comprendían alrededor de 870 especies agrupadas en 10 órdenes, de los cuales los Mucorales poseen especies parasitas de plantas, los Entomophthorales agrupan a entomopatogénos, los Endogonales y Glomales agrupan a las micorrizas.
- Los Trichomycetes con 218 especies agrupados en 04 órdenes, estos hongos se desarrollan en las entrañas de los artrópodos que viven en hábitats acuáticos.

Los órdenes más destacados de los zygomycetes son los Mucorales, Entomophthorales y los Glomales. Algunos autores consideran que la eliminación de la división Zygomycota, en la propuesta es solo una propuesta y siguen manteniendo la división Zygomycota, como tal, al menos para los géneros incluidos en la subdivisión Mucoromycotina.

En la Figura 36, se presenta la actual clasificación de los antiguos Zygomycotas. Según la propuesta de Hibbett et al. (2007) se han creado cuatro divisiones: Mucoromyota, Entomophtoromycota, Zoopagamycota y los Glomeromycotas.

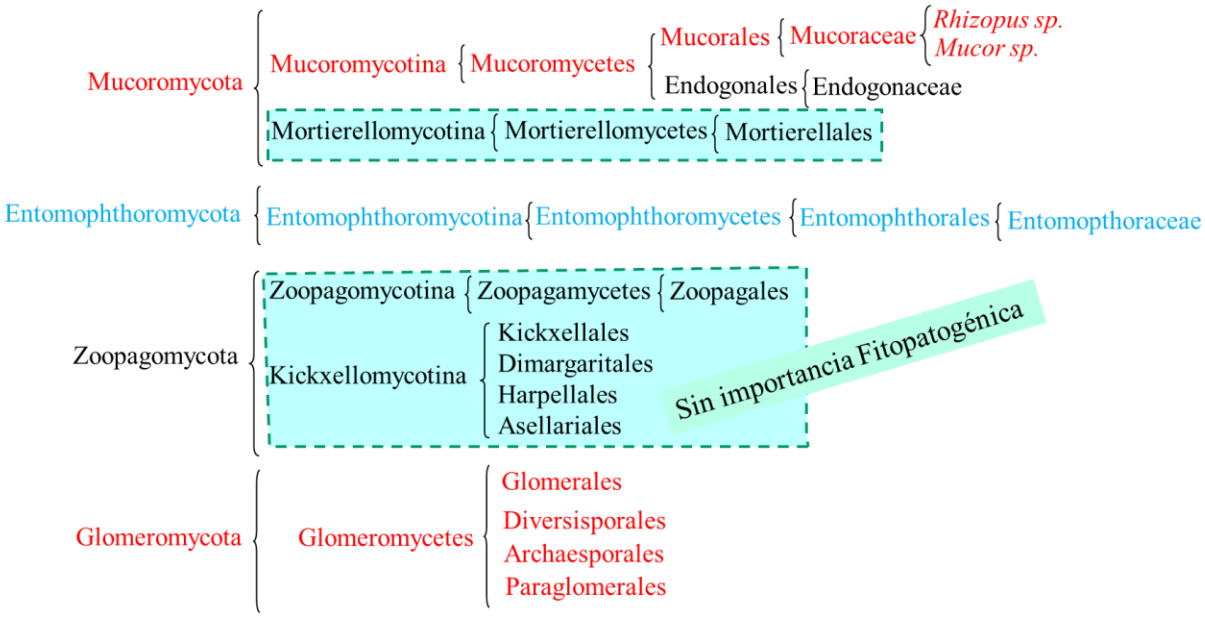


Figura 36. Actual clasificación de los antiguos Zycomycotas. Nótese que algunos ordenes se han convertido en División.

División: Mucoromycota

7.1 Clase: Mucoromycetes

7.1.1 Orden: Mucorales

Incluye a los llamados mohos negros, hifas bien desarrolladas, incluyen aproximadamente 55 géneros con 360 especies. Son especies saprófitas y algunos son parásitos de plantas y animales.

Familia: Mucoraceae

Hifa bien desarrollada y pueden formar o no rizoides (modificación de la hifa para su anclaje y absorción de nutrientes). Forma esporangióforos erectos, ascendentes, simples o ramificados que termina en una columela que penetra dentro del esporangio como una cabezuela abultada. Sobre el esporangióforo se forman esporangios con pared persistente, delicuescente (que tiene la propiedad de absorber la humedad del aire y disolverse en ella) o difluente (que se esparce por todas partes); dentro de ella se producen las esporangiosporas (aplanosporas) que son las unidades propagativas que iniciarán nuevos ciclos de vida (Figura 37).

En la siguiente tabla se describe las características diferenciales de los géneros más representativos de esta familia. La mayoría son saprófitos habitantes naturales del suelo con materia orgánica y algunos son parásitos de plantas y animales. Los géneros *Rhizopus* y *Mucor* producen enfermedades en plantas, mientras que *Absidia* y *Rhizomucor* pueden causar oportunistamente enfermedades en humanos que padecen enfermedades inmunodeficientes.

	Generos			
Característica	*Mucor*	*Rhizomucor*	*Rhizopus*	*Absidia*
Columela	Globosa o cilíndrica			Piriforme o cónica
Rhizoides	Ausentes	Presentes		
Esporangióforos	Ramificados		No ramificados	Ramificados

Los géneros *Rhizopus* y *Mucor* causan enfermedades de postcosecha en frutas y hortalizas de tejido carnoso. Son considerados patógenos débiles por necesitar de una herida para infectar.

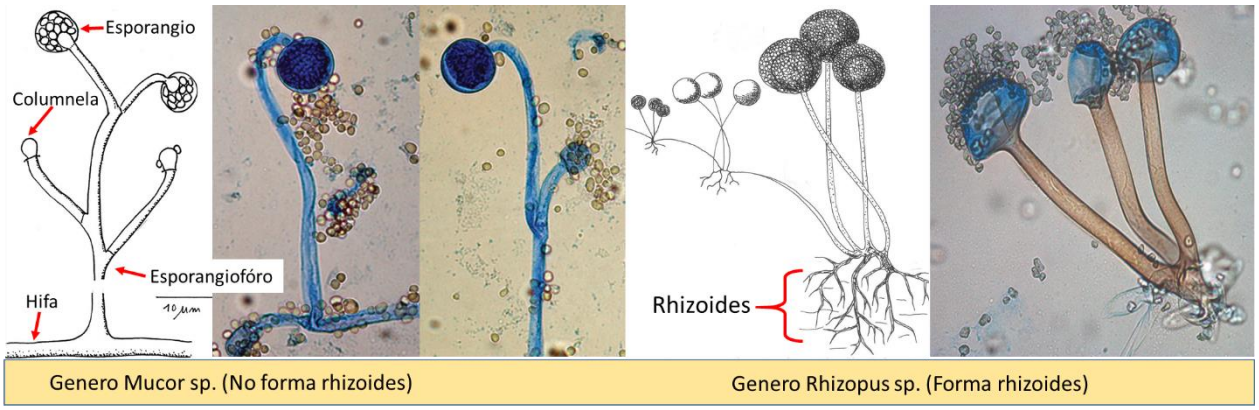


Figura 37. Partes estructurales típicas de los Mucorales. Los esporangios contienen a las esporangiosporas que son las unidades propagativas típicas de los zygomycotas

Nombre de la enfermedad: "Mohos, pudrición de frutas y hortalizas"

Agente causal: *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Lind., *R. nigricans* Ehrenberg (1820) *y Mucor pyriformis* Fischer.

Síntomas:

Mucor pyriformis causa la pudrición en frutos de pera, y *Rhizopus estolonifer* causa pudrición blanda en frutos (chirimoya, anona, melocotón, cocona,

Clasificación:

División: Mucoromycota

Subdivisión: Mucoromycotina

Clase: Mucoromycetes

Orden: Mucorales

Familia: Mucoraceae

Género: *Rhizopus stolonifer, R. nigricans y Mucor pyriformis.*

carambola, papayo, etc.), raíces (yuca, camote, zanahoria), tubérculos y hortalizas. Desde el punto de vista fitopatológico, el género *Rhizopus* es importante como causante de pérdidas en la producción de alimentos (Figura 38).

Figura 38. Síntomas y signos de *Rhizopus stolonifer* en pudriciones de frutas. Tomado de: https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=8476

Ciclo patogénico:

Rhizopus, es un habitante natural del suelo, vive y sobrevive en los residuos orgánicos de todos los lugares del mundo; además, sus esporas son suspendidas en el aire y contaminan cualquier tipo de alimento expuesto. En frutas y hortalizas, infecta solo a través de heridas o por la sobre la maduración expuesta. Los hongos fitopatógenos que necesitan de una herida para infectar reciben el nombre de patógenos débiles, en consecuencia, *Rhizopus* y *Mucor* son ejemplos de ellos.

En la fase asexual se producen dos tipos de esporas haploides, representados en color verde y rojo en la Figura 39, cada una de las espora germina y penetra a través de una herida en un tejido carnoso (frutas, hortalizas, tubérculos o raíces) o germina directamente sobre alimentos preparados, el micelio invade los tejidos generando rápidamente su maceración y pudrición por la secreción de enzimas de tipo péctinasas, esterasas y cutinasas, las cuales, desintegran la pared celular causando pudriciones húmedas. Las condiciones de altas temperaturas y humedad favorecen el rápido desarrollo del micelio sobre los tejidos infectado. A partir del micelio se desarrollan esporangios que al madurar liberan esporas que son diseminados por el viento para iniciar nuevos sitios de infección. El ciclo continuo de esta forma de reproducción haploide es rápida y continua en el tiempo originando escasez de alimento disponible. Esta condición adversa origina la formación de la fase sexual o condición diploide.

La fase sexual se inicia cuando dos hifas compatibles provenientes de dos esporas haploides diferentes (verde y rojo) se aproximan y actúan como gamentangios porque fusionan sus protoplastos y núcleos a través de un proceso denominado anastomosis.

Producto de la anastomosis se produce una estructura denominado zygospora de condición diploide (2n); esta estructura le permite sobrevivir condiciones adversas por largos periodos al actuar como una estructura conservativa.

Si existen condiciones favorables la zygospora se activa fisiológicamente produciéndose la meiosis y germina formando un esporangio que contiene muchas esporas haploides cuya carga genética corresponde a los tipos de hifa que le dieron origen en el proceso de anastomosis.

En la Figura 39, se grafica el ciclo de desarrollo en la fase sexual y asexual de *Rhizopus,* estos mismos eventos ocurren en una infección de una fruta, hortaliza o restos de alimentos expuestos libremente por un tiempo superior a horas.

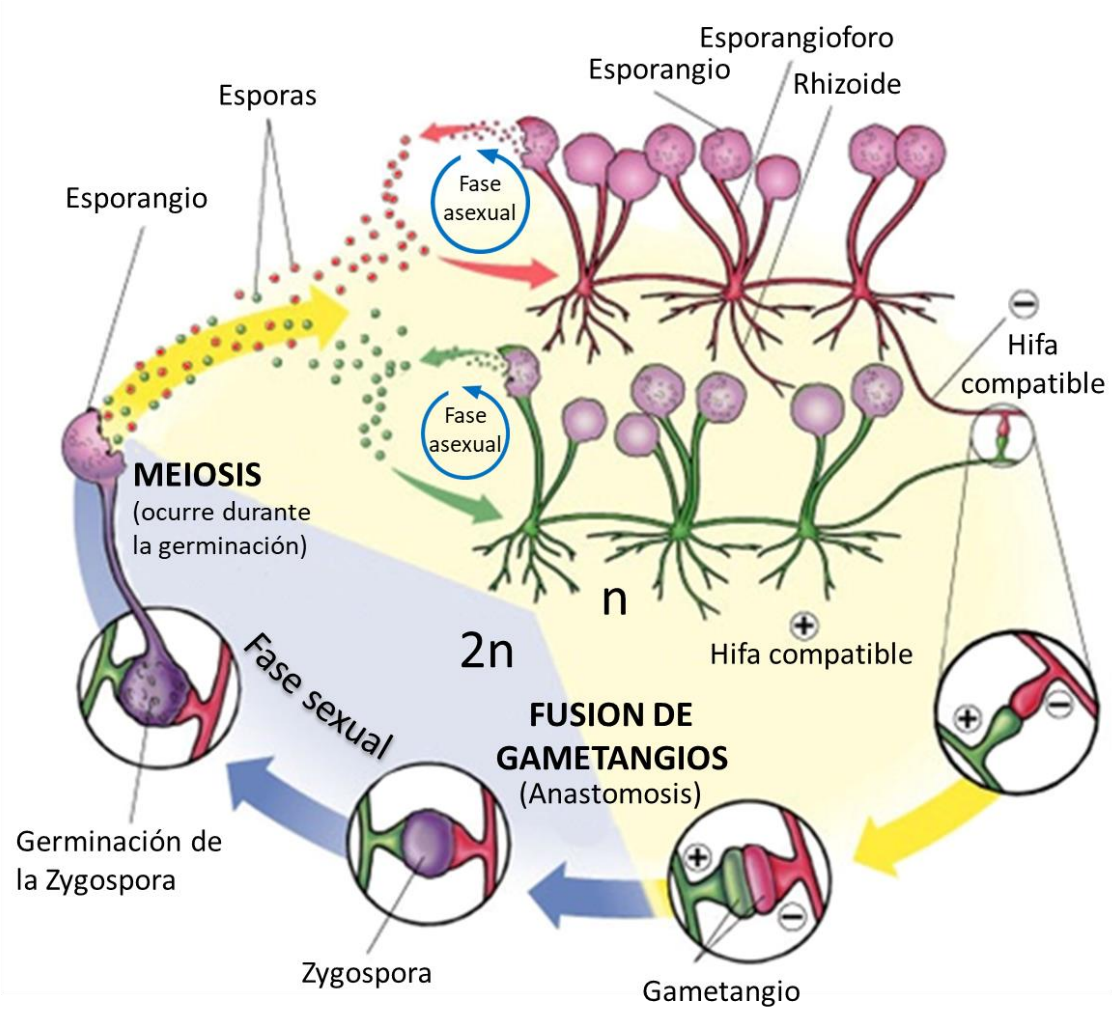


Figura 39. Ciclo de vida de *Rhizopus stolonifer.* Adaptado de: MacGraw Hill Company.

8 DIVISIÓN: ENTOMOPHTHOROMYCOTA

8.1 Clase: Entomophthoromycetes

8.1.1. Orden: Entomophthorales

Agrupa a 5 familias, y se encuentran comúnmente parasitando insectos y otros artrópodos. Estos hongos causan rutinariamente epizootias localizadas y, en algunos casos, generalizadas en poblaciones de insectos hemípteros y homópteros, en particular moscas y pulgones, pero también en otros tipos de insectos como saltamontes, larvas de escarabajos y orugas. Además, algunas especies del género *Conidiobolus* pueden causar micosis en algunos mamíferos, incluidos los humanos. Otros parasitan algas verdes, nematodos o helechos, o crecen saprofíticamente en el estiércol o materia orgánica del suelo

Familia: Enthomophthoraceae

Agrupa a 22 géneros y aproximadamente a 202 especies. El cultivo in vitro presenta muchas dificultades, dependiendo de la especie e incluso del aislamiento. En general, las especies *Neozygites witlaczil* se encuentran entre las especies más difíciles de cultivar, y las especies *Conidiobolus* sp. son las más fáciles. Los primeros avances en la producción in vitro de Entomophthorales fueron mediante el uso del medio de cultivo Grace (células de insecto) y fue complementado con suero bovino fetal (5% v/v), que simulaba la hemolinfa de insectos.

Figura 40. Insectos infectados y esporulados con *Erynia sepulchralis* y *Enthomophthora muscae.* Tomado de: https://mycoportal.org/portal/taxa/index.php?taxon=183295

Los géneros de mayor prevalencia que se encuentran atacando insectos en el campo son *Conidiobolus* (áfidos), *Erynia* (áfidos), *Entomophthora* (áfidos), *Zoophthora* (áfidos, orugas, escarabajos) y *Entomophaga* (saltamontes, orugas). Aunque muchas especies de estas causan epizootias y han recibido un estudio considerable, ninguna parece tener mucho potencial de desarrollo como insecticida microbiano comercial, porque crecen en medios de cultivo muy complejos y especiales. Algunos son parásitos obligados específicos.

9 DIVISION: GLOMEROMYCOTA

Glomeromycota es una división de hongos que están clasificados tradicionalmente dentro de la división Zygomycota, en el orden de los Glomales. Estudios filogenéticos, basados en el análisis molecular de las secuencias del ARNr, indican que los Glomales tienen un origen monofilético y comparten ancestros comunes con Basidiomycota y Ascomycota, pero no con los tradicionales Zygomycota, por eso, se ha considerado agruparlos dentro de esta nueva división. Se conocen alrededor de 150 especies agrupadas en 10 géneros y 4 órdenes. Esta división agrupa a hongos mutualistas denominados micorrizas; sin embargo, las micorrizas también se encuentran agrupados en otras divisiones taxonómicas como Ascomyctes y Basidiomycetes.

Las micorrizas por su ubicación en la raíz se pueden clasificar en:

a. Ectomicorrizas: las hifas no penetran en las células se desarrollan en los espacios intercelulares. Taxonómicamente pertenecen a los Ascomycota y Basidiomycota, representan hasta el 30% de la comunidad micorrítica.

b. Endomicorrizas: a diferencia de las ectomicorrizas, penetran en el interior de las células de las raíces, representan hasta el 80% de las micorrizas. Taxonómicamente pertenecen a los Glomeromycota, Ascomycota y Basidiomycota. En este grupo se encuentran las micorrizas vesículo arbuscular (MVA), micorrizas orquidoides, micorrizas ericoides y las micorrizas arbucoides. En la Figura 41, se presenta estos tipos de micorrizas y su pertenencia a los grupos taxonómicos.

En términos generales, las hifas de los hongos micorríticos tienen de 2 a 10 micrómetros de diámetro y son considerablemente más delgadas que los pelos radiculares pues estos tienen en promedio 15 micras de diámetro y una longitud no mayor de 2 mm. Las hifas extraradicales (Figura 42), se extienden 40 veces más que un pelo radicular y al ser más delgadas, penetran con mayor facilidad los poros del suelo lo que les permite acceder a nutrientes y agua que las raíces no pueden alcanzar. Se estima que las raíces micorrizadas aumentan en 700% el volumen de absorción.

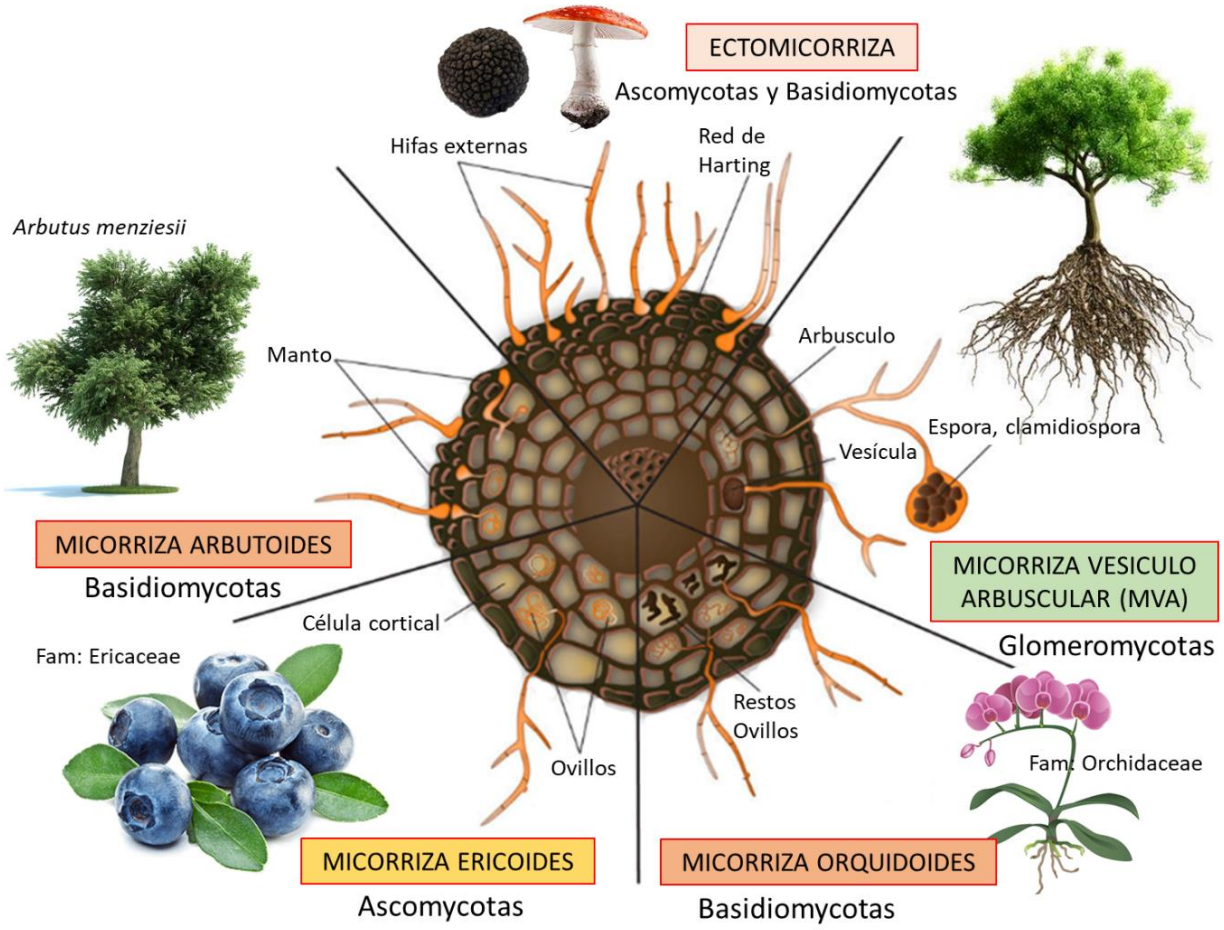


Figura 41. Tipos de micorrizas en plantas y su ubicación taxonómica. A los Glomeromycota solo pertenece las Micorrizas vesículo arbuscular (MVA). Modificado a partir de: J. Lowenfels 2017.

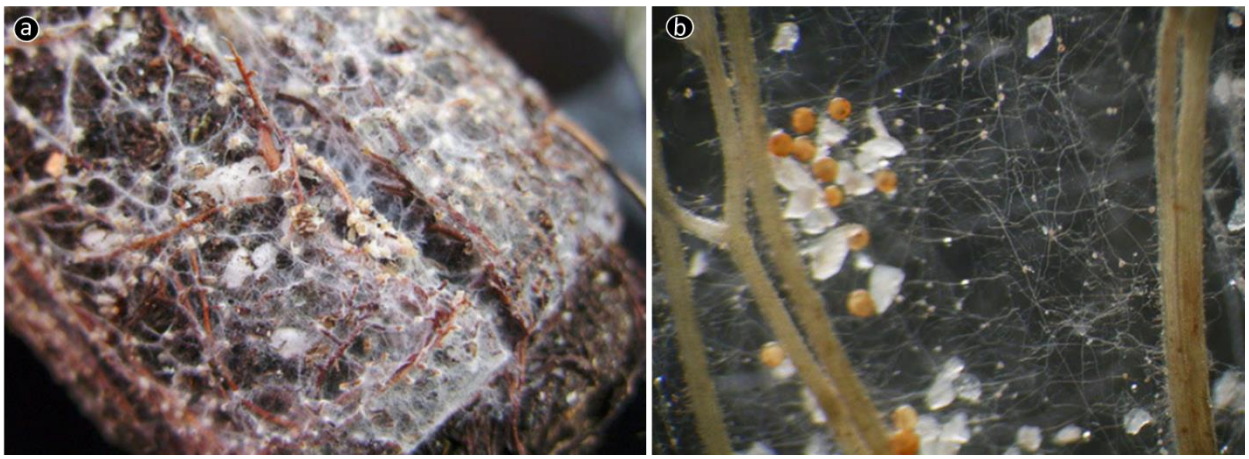


Figura 42. Diferencias en la cantidad de hifas externas (extraradicales) en una ectomicorriza (a) y en una endomicorriza (b). Tomado de: J. Lowenfels 2017.

Clasificación:

La taxonomía de los Glomeromycotas descritas en el cuadro sinóptico de la Figura 43, muestra la existencia de más de 161 especies agrupadas en 09 géneros, 05 familias, 04 órdenes y 01 clase (revisión actualizada hasta junio 2019). Nótese que la especie más numerosa pertenece al género *Glomus* sp. con 85 especies, seguido de los géneros *Acaulospora* y *Scutellospora* con 31 y 30 especies respectivamente. Estas especies forman endomicorrizas con más de 400 mil plantas diferentes, no existe especificidad a un solo hospedante.

Los géneros de este grupo forman asociaciones intracelularmente con las raíces de la gran mayoría de plantas herbáceas y árboles tropicales y son esenciales para la función del ecosistema terrestre. Se estima que en la amazonia el 80% de las especies vegetales están asociados a los MVA y 17-31% a ectomicorrizas (coníferas y plantas caducifolias).

- GLOMEROMYCOTA
  - Glomeromycetes
    - Glomerales
      - Glomeraceae
        - *Glomus* (85 especies)
    - Diversisporales
      - Acaulosporaceae
        - *Acaulospora* (31 especies)
        - *Entrophospora* (05 especies)
      - Gigasporaceae
        - *Gigaspora* (05 especies)
        - *Scutellospora* (30 especies)
        - *Pacispora* (07 especies)
    - Archaesporales
      - Archaesporaceae
        - *Archeospora* (01 especies)
        - *Geosiphon* (01 especies)
    - Paraglomerales
      - Paraglomeraceae
        - *Paraglomus* (02 especies)

Figura 43. clasificación taxonómica de la división Glomeromycota.

Morfología:

Las micorrizas de los Glomeromycota poseen estructuras externas e internas en las raíces a las que infectan (Figura 44).

Estructuras externas

Hifas externas: sobre estas nacen las esporas en el suelo circundante. Su función es invadir y explorar el suelo para absorber los nutrientes y translocarlo a la planta hospedera. Estas hifas oscilan entre 1 y 6% del peso fresco de las raíces micorrizadas.

Esporas: este término se usa para referirse a las clamidosporas y esporocarpos las que son producidas por un sistema micelial frecuentemente externo o dentro de la raíz hospedera. Estas esporas pueden sobrevivir en el suelo bajo condiciones de laboratorio por algunos años. El tamaño de las esporas se sitúa entre 35 y 600 µm de diámetro.

Vesículas externas: son de forma lobulada e irregular, varían de tamaño de 20 a 150 µm en diámetro, son de pared gruesa con un denso contenido citoplasmático rico en lípidos que con la edad se vuelven vacuolados, son órganos de reserva.

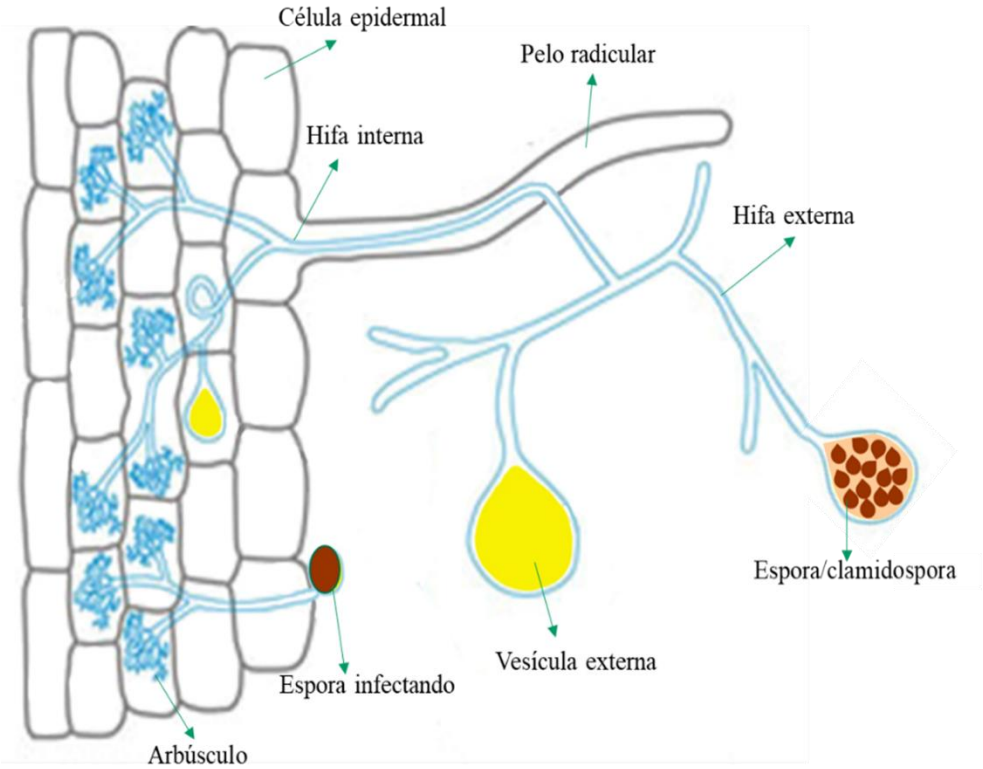


Figura 44. Morfología general de una micorriza vesículo arbuscular en una raíz.

Estructuras internas

Estas estructuras se encuentran invadiendo intra e Intercelularmente las células corticales de la raíz.

Hifas internas: se ramifican en forma paralela o perpendicular y forman las vesículas y arbusculos.

Arbúsculos: es la estructura más importante del complejo MVA, se desarrolla intracelularmente en las células corticales formando ramificaciones dicotómicas; las hifas se convierten en un tronco arbuscular con ramas bifurcadas en un aglomerado de pequeños filamentos. Cuando llegan a desarrollarse totalmente poseen un diámetro menor a 1.0 µm. Es el lugar en donde se realizan el intercambio metabólico del carbono, fósforo y otros minerales entre la planta y el hongo. El tiempo de vida de los arbúsculos está entre 4 y 5 días, después colapsan.

Vesículas internas: se desarrollan inter o intracelularmente en las células corticales, tienen forma oval o piriforme que se forman a lo largo de las extremidades de las hifas.

Sus dimensiones, van en un rango de 30 a 100 µm. Al madurar, están compuestas por glóbulos visibles de lípidos, funcionando como un órgano de reserva.

Características de las MVA

- Transfieren nutrientes a la planta, a cambio de ello, alrededor del 20% del carbono producido por una planta (fotosintatos) puede transferirse a su socio fúngico; cabe mencionar que eso es bastante, pero los retornos en fósforo valen la pena. Este elemento esencial es químicamente fijado en el suelo, por tanto, es difícil para la mayoría de las plantas absorberlas sin la ayuda de los hongos micorrízicos. También participa en la absorción y transferencia del nitrógeno, cobre, zinc, hierro y níquel (Figura 47).
- Son simbiontes obligados porque nadie ha tenido éxito en el cultivo in vitro de ningún Glomeromycota por separado de la planta hospedante. Debido a sus estructuras conservativas (clamidosporas) pueden sobrevivir en el suelo o en sustratos por más de dos años, debido a esta característica puede ser comercializado. En la Figura 45, se muestra algunos productos ofertados comercialmente en diferentes países, en el Perú se comercializa el producto MycoGrow a un precio de S/. 35.0 soles/litro. En la red se encuentra productos a precios de 25.0 euros por cada kilo.

Figura 45. Productos comerciales de micorrizas vesículo arbusculares (MVA).

- Se han descrito dos tipos de microrizas arbúsculares: (i) las micorrizas vesicular-arbúsculares (MVA) que forman vesículas dentro de las células de la raíz y las (ii) micorrizas arbúsculares (AM) que no forman forman vesículas internas.

- Forman grandes esporas multinucleadas con una gruesa pared celular en capas y miden aproximadamente entre 40-800 µm, y contienen desde varios cientos hasta miles de núcleos. Las esporas pueden formarse individualmente, en grupos o en "cuerpos fructíferos" llamados esporocarpos.

- Poseen hifas cenocíticas y se reproducen solamente por la vía asexual, no se ha determinado a la fecha reproducción sexual.

Ciclo de vida de MVA:

Para establecer la asociación micorritica, las raíces exudan una hormona denominado como strigolactona que estimula la germinación de las esporas y la ramificación de las hifas; además, las hifas liberan otras moléculas como los lipocitooligosacáridos, que son factores micorrizales, reconocidos por los receptores de la planta hospedante. En la Figura 46, se presenta ciclo de vida general de una MVA.

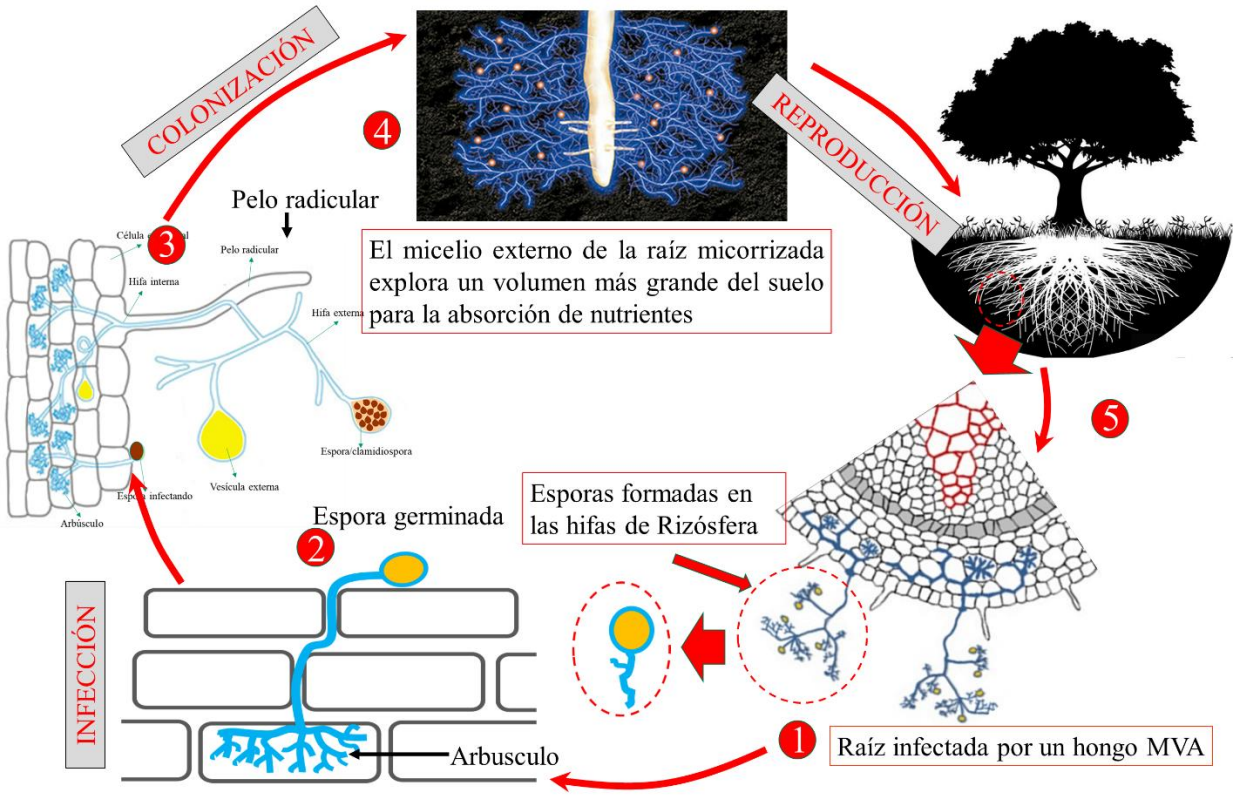


Figura 46. Ciclo de vida general de una micorriza vesículo arbuscular (MVA).

El ciclo se inicia con la germinación de las unidades infectivas; se consideran como tales, principalmente, a las esporas; sin embargo, pueden actuar también las hifas u otra raíz ya infectada (1). Las esporas germinan formando apresorios que penetran a las raíces, en condiciones favorables, la infección puede ocurrir en 2 a 3 días; las hifas inician el proceso colonización de la raíz al crecer entre los espacios intercelulares de las células corticales, muchas de ellas, son penetradas intercelularmente formando dentro de ellas el arbúsculo (estructura de intercambio de nutrientes) denominado así por su semejanza a la forma de un árbol (2). Además, de la colonización micelial y formación de arbúsculos, se forman internamente vesículas; simultáneamente a la formación de estructuras internas, se forman las hifas externas a través de los pelos radiculares, por los cuales, se inicia la absorción de los nutrientes y su transporte a la raíz (3). Sobre las raíces secundarias, se forma un manto de hifas que forman vesículas y esporas (reproducción);

es en este momento, cuando la simbiosis empieza a funcionar en forma benéfica para la planta (4). Mediante el micelio externo, la raíz micorrizada explora un volumen más grande del suelo para la absorción de nutrientes que una raíz no micorrizada. El hongo transporta los nutrientes a través del micelio hacia la raíz y los intercambia en las células epidérmicas, del mismo modo, recibe los carbohidratos (producto de la fotosíntesis) que requiere para su desarrollo (5). Todo el ciclo se puede desarrollar entre 40 a 130 días, dependiendo de los géneros y sus hospedantes.

No hay evidencia de una reproducción sexual, por tanto, su ciclo de vida depende de la reproducción asexual. Los MVA solo crecen y se desarrollan en asociación con su hospedante y dependen exclusivamente de ellas para desarrollarse.

9.1 Efectos benéficos de las micorrizas

El suministro de fosfato (PO_4), en la solución suelo, es limitado debido a la rápida inmovilización por los cationes libres. En consecuencia, la captación de fosfato a través de la rizosfera (zona de absorción de nutrientes), es excedida por la velocidad de difusión del fosfato a través del suelo; por lo tanto, se genera un suministro limitado de fosfato (PO_4) alrededor de las raíces de la planta; mientras que, en las plantas colonizadas por su mayor volumen de tejido absorbente es más eficiente en la absorción del ion fosfato. Además, los MVA también están asociados a la absorción de agua, nitrógeno (NH4) y zinc (Zn) (Figura 47).

Todos los reportes sobre los MVA resaltan el efecto beneficioso que ejercen en el crecimiento y desarrollo de las plantas; sin embargo, algunos estudios han mostrado variadas respuestas; en ciertos casos, las plantas colonizadas muestran respuestas de crecimiento cero o negativos, y menor nivel de absorción de fosfato, lo que sugiere que en algunos casos existe una falta de compensación en la relación simbiótica.

Además, de la absorción de nutrientes, los beneficios de la simbiosis de MVA incluyen tolerancia a muchos tipos de estrés abióticos (principalmente salinidad, sequía y toxicidad de metales pesados), y bióticos, principalmente al ataque de patógenos en el sistema radicular y hongos necrotróficos en la parte aérea, daño por insectos comedores de hojas y raíces (Figuras 47, 48). Se ha demostrado también que los exudados radiculares de estas plantas no inducen a la germinación de las semillas de la familia de las Orobanchaceae, que agrupa a plantas parasitas del sistema radicular; en el Perú, esta planta prospera entre los 2 150 y 4 600 msnm. Además, se observa una mayor promoción en el crecimiento debido a una mejora en la absorción de nutrientes a través de la red de hifas externas. La liberación de las strigolactonas en los exudados radiculares induce el crecimiento y ramificación de las hifas de los MVA y desencadena cambios en los patrones de los exudados radiculares que repelen a los nematodos e insectos masticadores, también, inducen cambios en la población de la comunidad microbiana, posiblemente por la atracción de antagonistas que minimizan el riesgo de infección de patógenos habitantes del suelo. Para la parte aérea promueve la activación de las defensas naturales que restringen el desarrollo de patógenos necrótrofos y el daño

de los insectos fitófagos. Para patógenos biotróficos como los virus, royas, mildius, y oidiosis, así como para los insectos picadores-chupadores tienen una mayor atractabilidad por tener tejidos más suculentos; sin embargo, estas plantas atraen a más insectos parasitoides y predadores. En la Figura 48, se describen los efectos positivos y negativos de las micorrizas, pero son más los efectos positivos que los negativos.

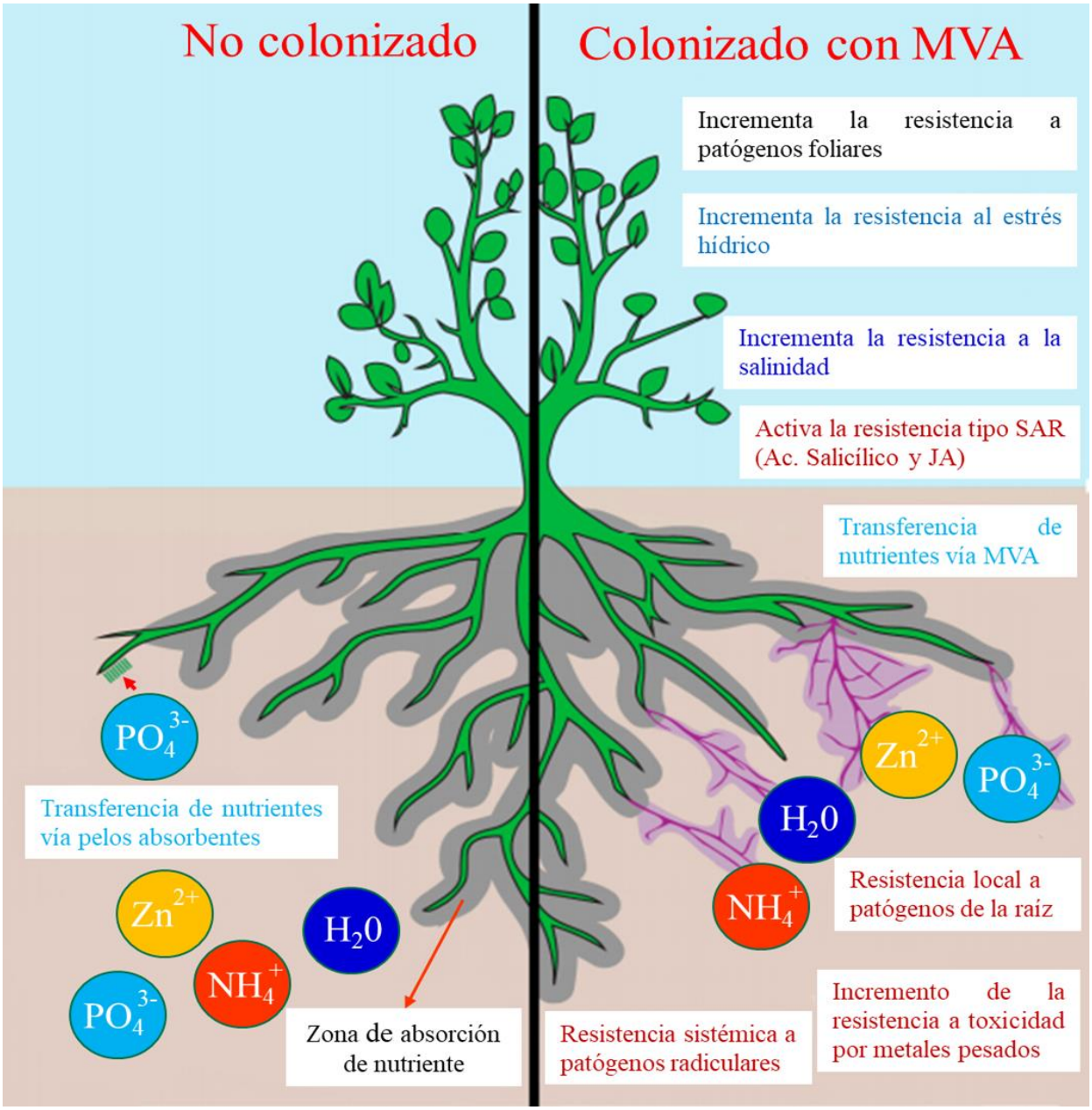


Figura 47. Efectos positivos de la colonización micorrízica arbuscular (AM) en las plantas. Adaptado de Jacott et al., (2017).

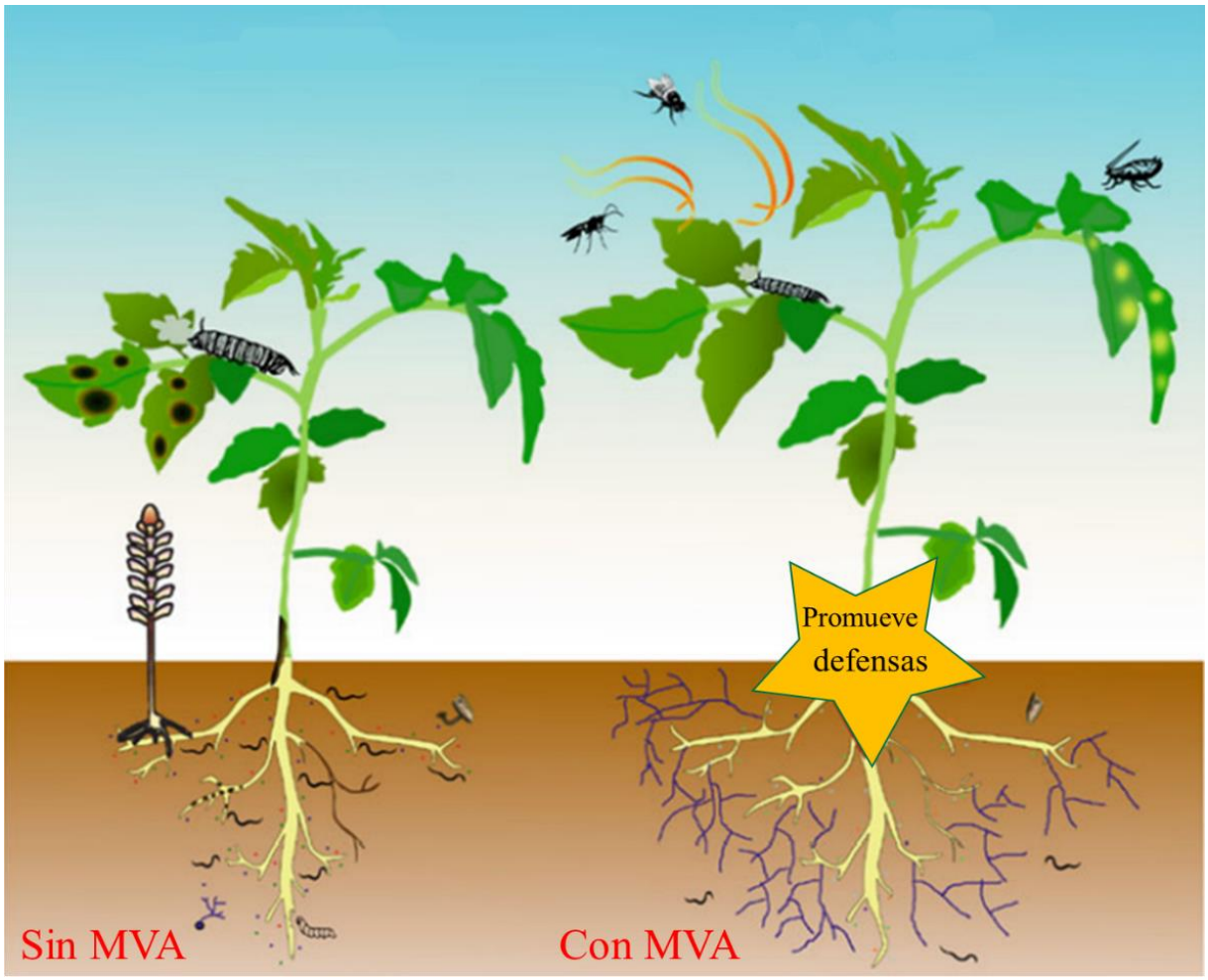


Figura 48. Efecto positivo y negativo de la asociación micorritica (MVA) de una planta respecto a la interacción con patógenos, insectos plaga y plantas parasitas. Modificado de Pozzo et al. (2013).

10 DIVISIÓN: ASCOMYCOTA

La división Ascomycota representa el grupo más grande del reino Fungi, se estima que incluye a más de 64 163 especies (Figura 25) que están agrupadas en más de 3 400 géneros. Se asume que la mayoría de ascomycotas aún no se han descubierto y que el número total de especies puede ser mayor a un factor de 10 a 20 o incluso más. El nombre Ascomycota se deriva de las palabras griegas askos (botella de cuero, bolsa o vejiga) y mykes (hongo), por lo que los ascomycetos son hongos de saco. La mayoría poseen hifas septadas y un pequeño grupo tiene formas levaduriformes (Levaduras). No tienen células flageladas en ningún momento de su ciclo de vida; presentan una fase dicariótica de corta duración entre la plasmogamia y la cariogamia, en cambio, esta fase es de larga duración en los basidiomycetos.

La estructura diferencial de este grupo de hongos es que sus esporas producidas sexualmente, se encuentran dentro de un saco denominado asca y, por lo tanto, a cada espora se le denomina ascospora. El número de ascosporas dentro de un asca es de ocho, en otros puede ser mayor o menor a ocho; sin embargo, el número es siempre un submultipo (1, 2 ó 4) o múltiplo (16, 24, 32, 40 ….) de ocho (Figura 49).

Las Ascas, en la mayoría de los Ascomycota, se forman dentro de un cuerpo fructífero llamado ascocarpo; sin embargo, existen algunos que forman sus ascas directamente sobre el tejido al cual hospedan y, en este caso, se les denomina ascomycotas sin ascocarpo o ascas desnudas (Figura 50).

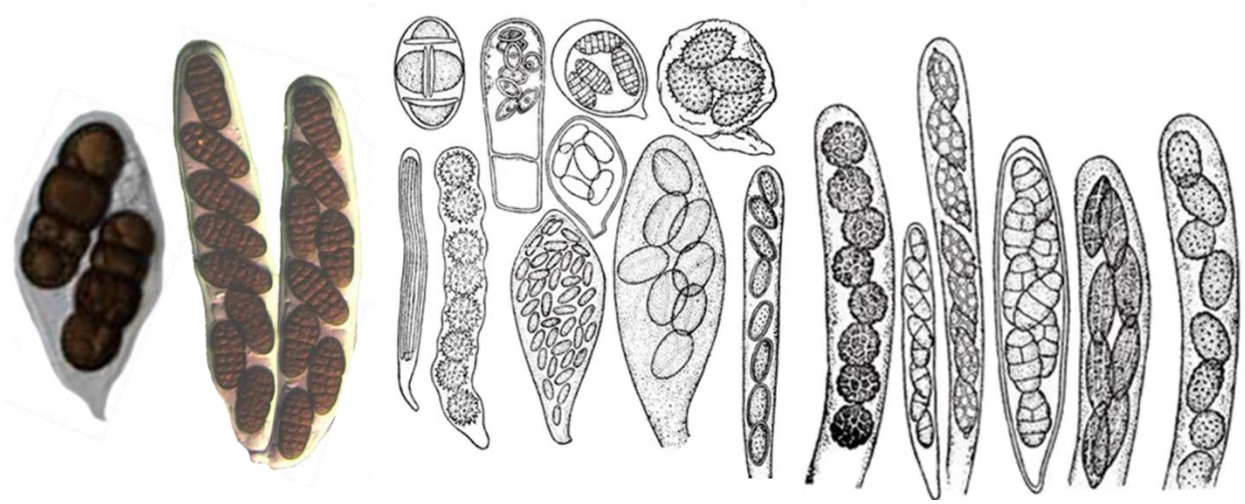
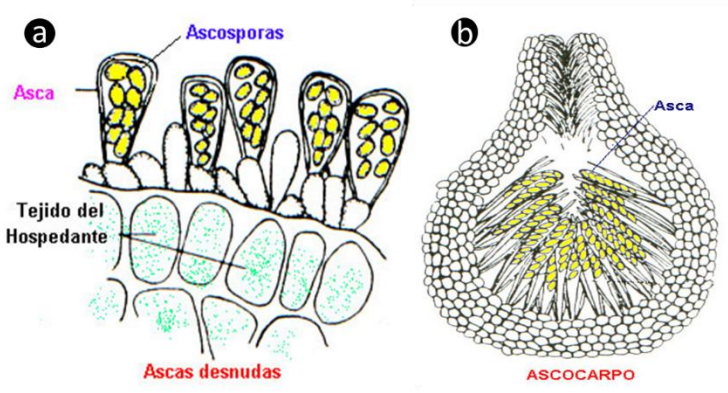


Figura 49. Ascas con diferente número y forma de ascosporas.

Algunos ascomycetes son saprófitos, otros parásitos necrotróficos o biotróficos (mildius) de plantas, insectos y animales, incluidos los humanos. Muchos ascomycotas crecen como endófitos en asociaciones asintomáticas con plantas. Algunos son simbiontes mutualistas, por ejemplo, micorrizas ericoides y ectomicorrizas (Figura 41) y los líquenes (ver página 179).

Figura 50. Ascas que se forman libremente sobre el tejido que infectan (a). Ascas que se forman dentro de un cuerpo fructífero denominado Ascocarpo (b),



MORFOLOGIA

Estructura vegetativa: Micelio septado monocariótico

Estructura propagativa: son las ascosporas que son formadas dentro de las ascas (Figura 49). En la actualidad la fase asexual de los ascomycotas debe incluirse en esta clasificación; en ese caso, otra de las estructuras propagativas son las conídias (Figura 51).

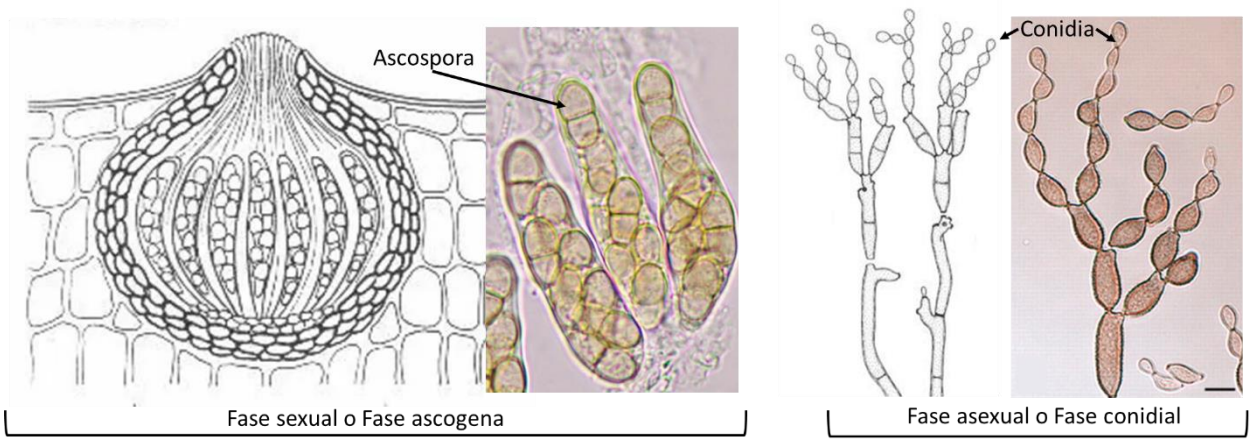


Figura 51. Tipos de estructuras propagativas de los ascomycotas, según su fase sexual o asexual. Tomado de: http://www.centrodeestudiosmicologicosasturianos.org/?p=253

La mayoría de los ascomycotas tienen sus ascas encerradas en una estructura que toma el nombre genérico de ascocarpo, tiene variadas formas las que se emplean en la clasificación de esta división. Se denomina **cleistotecio**, cuando es un ascocarpo cerrado de forma circular u ovoide. **Peritecio** cuando tiene la forma de una pera por cuya abertura apical (ostiolo) se liberan las ascas y ascosporas. **Apotecio** es un ascocarpo abierto en forma de plato o una copa cuando posee pedicelo. **Ascostroma** es un ascocarpo formado por un conglomerado de hifas en forma de una costra que en su interior posee unas cavidades llamadas lóculos en los que se forman las ascas. En la Figura 52, se muestran estos tipos de ascocarpos.

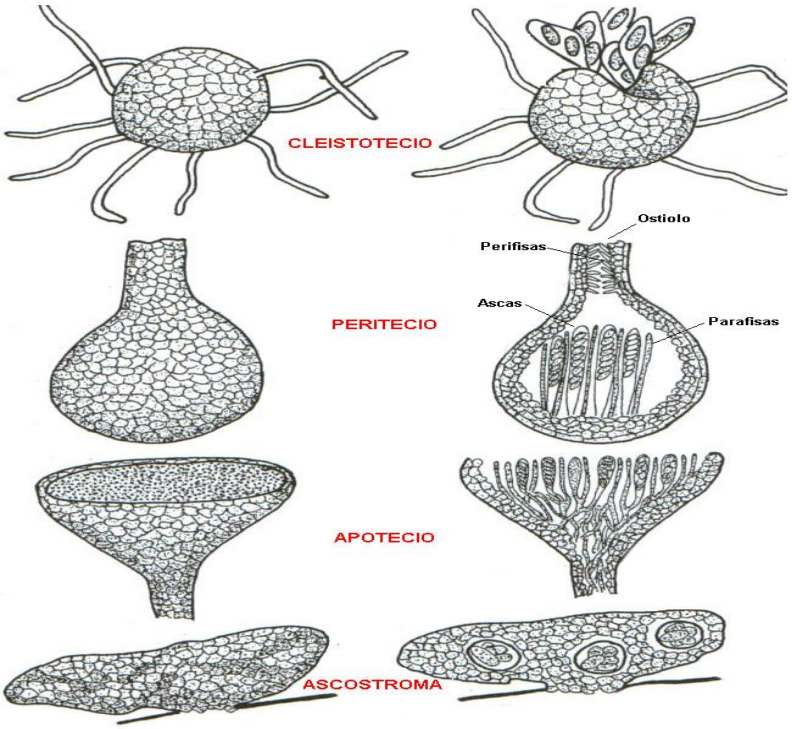


Figura 52. Tipos de ascocarpos: Cleistotecio, Peritecio, Apotecio y Ascostroma

Estructura reproductiva: se forma en la fase sexual; en este caso, el ascogonio es el gametangio femenino y el anteridio el gametangio masculino (Figura 52). La unión de los núcleos de los gametangios da origen a la formación de las ascas que contienen generalmente 8 ascosporas (Figuras 49).

Ciclo biológico o vida

Los ascomycotas poseen dos fases reproductivas en su ciclo de vida, una sexual y otra asexual, siendo la primera caracterizada por la presencia de ascas y ascosporas, mientras que la segunda por la producción de esporas asexuales llamados conidias (Figura 51). Estas dos fases se forman en diferentes momentos en el mismo micelio. En un primer momento del estudio de estos hongos, se creyó que la fase asexual correspondía a un hongo diferente, razón por el cual, se clasifico todo hongo en la fase asexual en la división Deuteromycota. La fase sexual de los Ascomycota también se denomina la fase ascógena y la fase asexual se denomina también como la fase conídica. En muchas especies de los ascomycotas sólo se ha encontrado la fase sexual y otros hongos desarrollan solo la fase asexual a los cuales se les denomina hongos mitospóricos (Mitosporic Fungi).

En la Figura 53, se presenta el ciclo general de vida de un ascomycota que forma ascocarpo. La formación de las ascas ocurre a partir de la germinación de una ascospora (1) que forma un colchón de hifas (2) de los cuales una parte formará el tejido externo del ascocarpo (3 y 4). En la parte interna del ascocarpo, la otra parte de las hifas producen los gamentangios femeninos y masculinos denominados «ascogonio» y

«anteridio» respectivamente que, en su interior, contienen los gametos que son conocidos con el nombre de células fértiles. El ascogonio se une al anteridio a través de un puente llamado «tricogino», por el cual pasan las células fértiles masculinas al ascogonio y, en ella, los dos tipos de células fértiles se van acomodando en parejas y van migrando a medida que se desarrolla las hifas ascogenas (6) en este caso la hifa es dicariótica. El extremo de una hifa ascógena se dobla y queda como la punta de una aguja crozier (7), produciéndose dos septas que aíslan en un compartimento a dos células fértiles (♀ y ♂), y en otras dos a una sola célula fértil. En la septa con las dos células fértiles se produce la plasmogamia y cariogamia para formar el núcleo diploide (zigoto), el único núcleo diploide en el ciclo de vida de los ascomicetos (8). Tras la cariogamia, la recién formada asca comienza a alargarse, el núcleo diploide experimenta la meiosis (9), produciendo cuatro células hijas, generalmente a esta división es seguida de una división mitótica, dando un total de ocho núcleos y cada uno se rodea de una membrana formando así, las ocho «ascosporas»(10). Las ascas y ascosporas maduras son liberados del ascocarpo y cuando estas caen sobre un sustrato germinan (11) produciendo una masa de hifas (1). Si las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimentos son favorable y optimo el ascomiceto desarrollará su fase asexual formando sobre las hifas estructuras propagativas denominadas «conídias» (12); luego, las conídias germinan y desarrollan nuevas hifas que, a su vez, formarán nuevas conídias mientras persistan las condiciones favorables; de lo contrario, las hifas se organizarán en tejidos que darán la formación del ascocarpo, iniciándose un nuevo ciclo.

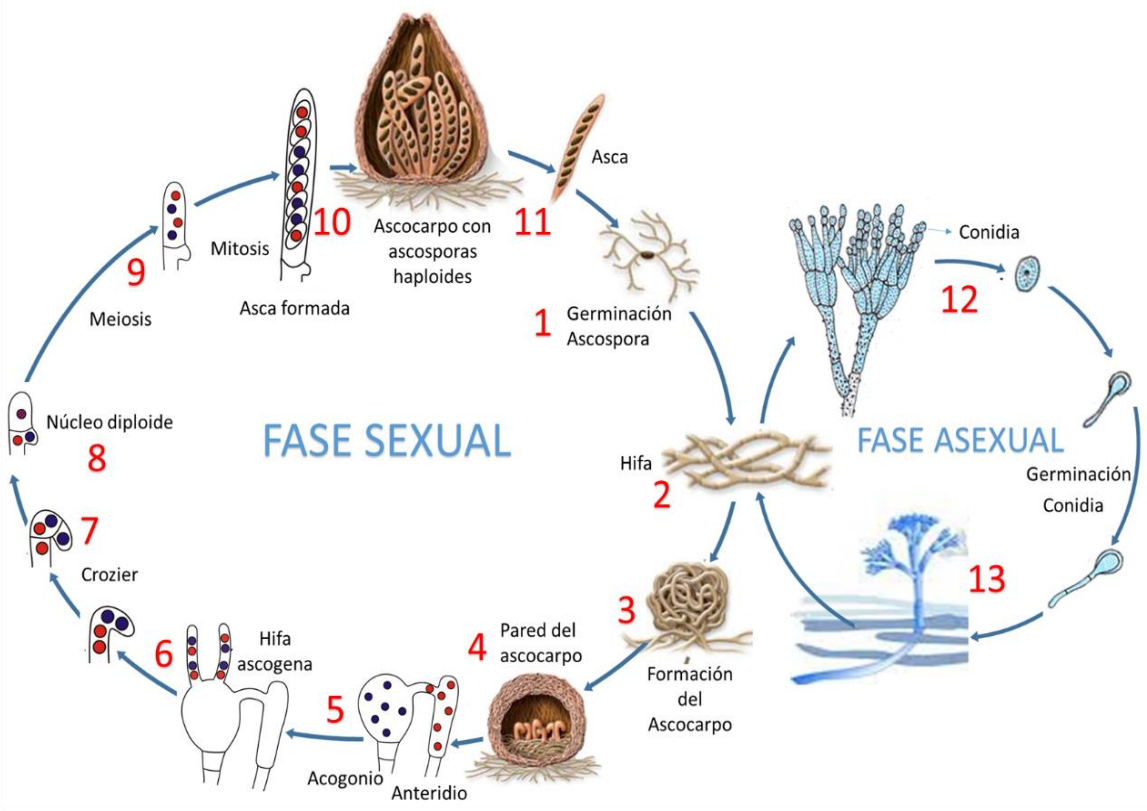


Figura 53. Ciclo de vida de un Ascomycota: Fase sexual o fase ascógena y Fase asexual o fase conidial.

Clasificación Taxonómica

Resulta complicado mostrar una clasificación detallada de los ascomycotas que incluyen alrededor de 55 órdenes y 291 familias. En el Cuadro 2 y Figura 54, se muestra las categorías taxonómicas de los principales ascomycotas que causan enfermedades en plantas cultivadas y el grupo de hongos denominados líquenes (asociación simbiótica entre un hongo y un alga).

Cuadro 2. Categorías Taxonómicas de la división Ascomycota causantes de enfermedades en cultivos y simbiontes tipo líquenes.

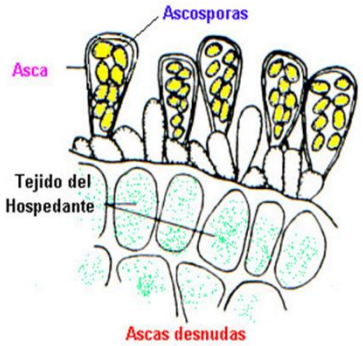
Subdivisión	Clase	Subclase	Orden	
Taphrinomycotina	Taphrinomycetes	Taphrinomycetidae	Taphrinales	FITOPATOGENOS
Saccharomycotina	Saccharomycetes	Saccharomycetidae	Saccharomycetales	
Pezizomycotina	Eurotiomycetes	Eurotiomycetidae	Eurotiales	
	Leotiomycetes	Leotiomycetidae	Erysiphales Helotiales	
	Sordariomycetes	Meliolomycetidae	Meliolales	
		Xylariomycetidae	Xylariales	
		Hypocreomycetidae	Microascales Glomerellales Hypocreales	
		Sordariomycetidae	Diaporthales Magnoporthales Ophiostomatales Phyllachorales	
	Pezizomycetes	Pezizomycetidae	Pezizales	
	Dothideomycetes	Dothideomycetidae	Dothideales Capnodiales Myriangiales	
		Pleosporomycetidae	Pleosporales Botryosphaeriales Hysteriales	
	Lichinomycetes		Lechinales	LIQUENES
	Lecanoromycetes	Acarosporomycetidae		
		Lecanoromycetidae		
		Ostropomycetidae		

A continuación, se describe los grupos taxonómicos mencionados en al Cuadro 2 y Figura 54.

		Subdivisión	Clase	Orden	Familia	Genero y especie	Fase asexual
División Ascomycotas	Sin Ascocarpo	Saccharomycotina	Saccharomycetes	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae	*Saccharomyces cereviceae*	No reportado
		Taphrinomycotina	Taphrinomycetes	Taphrinales	Taprhinaceae	*Taprhina deformans*	*Lalaria sp.*
	Con Ascocarpo	Pezizomycotina	Eurotiomycetes	Eurotiales	Aspergillaceae	*Eurotium sp.* *Emericella sp.*	*Aspergillus sp.*
						Eupenecillum sp.	*Penicillium sp.*
						Talaromyces sp.	*Purpureocillium sp.*
						Thermoascus sp.	*Paecilomyces sp.*
			Leotiomycetes	Erysiphales	Erysiphaceae	*Erysiphe sp.* *Sphaeroteca sp.* *Podosphaeria sp.* *Uncinula sp.* *Phyllactinia sp.*	*Oidium sp.*
				Heliotales	Sclerotiniaceae	*Monilinia fructigena*	*Monilia fructicola*
						Sclerotinia sclerotiorum	*Botrytis sp.*
					Depranopezizaceae	*Diplocarpon sp.*	*Leptostromella sp.*
			Sordariomycetes	Meliolales	Meliolaceae	*Meliolia sp.*	No reportado
				Phyllachorales	Phyllachoraaceae	*Phyllachora graminis*	*Leptostromella sp.*
				Xilariales	Xilariaceae	*Xylaria sp.*	*Moellereclavus sp.*
						Rosellinia spp.	*Dermathophora sp.*
				Hypocreales	Hypocreaceae	*Hypocrea sp.*	*Trichoderma sp.*
					Nectriaceae	*Albonectria rigidiuscula*	*Fusarium sp.*
						Nectria sp.	
						Giberella fijikuori	
					Clavicipitaceae	*Clavipces purpurea*	*Sphacelias sp.*
					Cordycipicetaceae	*Cordypces sp.*	*Beauveria/Akanthomyces/ Lecanicillium sp.*
				Microascales	Ceratocystidaceae	*Ceratocystis fimbriata*	*Thilaviopsis/Chalara*
				Glomerellales	Glomerellaceae	*Glomerella*	*Colletotrichum sp.*
				Diaporthales	Diaporthaceae	*Diaporthe citri*	*Phomopsis citri*
					Gnomoniaceae	*Didymella sp*	*Phoma sp.*
				Magnoporthales	Magnoporthaceae	*Magnoporthe orizae*	*Pyricularia grisea*
				Ophiostomatales	Ophiostomataceae	*Ophiostoma umli*	*Graphium / Leptographium*
				Amphispharialeis	Amphisphariaceae	*Pestalosphaeria sp.*	*Pestalotia / Pestaloptiosis*
			Pezizomycetes	Pezizales	Tuberaceae	*Tuber melanosporum*	No determinado.
					Sarcoscyphaceae	*Cookenia sp..*	No determinado
			Dothidiomycetes	Capnodiales	Mycosphaerellaceae	*Mycospaerella musicola*	*Pseudocercospora*
						Mycospaerella fijiensis	*Paracercospora/Cercospora*
					Capnodiales	*Fumagospora capnodioides*	*Capnodium sp.*
				Myrianginales	Elsinoaceae	*Elsinoë fawcettii*	*Sphaeceloma sp.*
				Pleosporales	Pleosporaceae	*Lewia sp./Cochliobolus*	*Alternaria sp./Bipolaris sp.*
				Botryosphaeriales	Botryosphaeriaceae	*Botryosphaeria dhotidea*	*Lasiodiplodia theobromae*
						Guignardia citricarpa	*Phyllosticta citricarpa*
			Lecanoromycetes	L I Q U E N E S			

Figura 54. Cuadro sinóptico de la clasificación taxonómica de la división Ascomycota

Ascomycotas sin ascocarpo



Los ascomycota sin ascocarpo agrupan a las subdivisiones Saccharomycotina y Taphrinomycotina.

División: Ascomycota

Subdivisión: Saccharomycotina

Agrupa a las verdaderas levaduras que son relevantes para la industria (panificación, cerveza, vinos), y la mayoría son saprófitos en plantas y animales, incluidos los humanos; ocasionalmente, son patógenos en plantas y animales que incluye a los humanos; son unicelulares o pueden formar cadenas cortas; se reproducen asexualmente, por gemación o brotamiento.

10.1 Clase: Saccharomycetes

10.1.1 Orden: Saccharomycetales

Familia: Saccharomicetaceae

Incluye a muchas especies del género Saccharomyces que, por su capacidad de fermentar varios carbohidratos, son de mucha utilidad en el procesamiento alimentos y granos como el café y cacao. No causan enfermedades de importancia en las plantas cultivadas. Son empleados en el compostaje de la materia orgánica.

Clasificación
División Ascomycota
Clase Saccharomycetes
Orden: Saccharomycetales
Familia: Saccharomycetaceae
Género: *Saccharomyces cerevisiae*

Especies de importancia:

Saccharomyces cerevisiae (Desm.) Meyen.: empleado en la fermentación de pan y cerveza (Figura 55).

Saccharomyces bayanus: importante en la fermentación del vino

Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis y otras: son habitantes naturales del suelo.

Las levaduras son un componente importante del grupo de microorganismos denominados: Microorganismos eficientes (EM, de sus siglas en ingles), Microorganismos eficientes de montaña (MEM) o Microorganismos eficientes de bosque (MEB), que son empleados en la elaboración de distintos abonos orgánicos y biofermentos de uso intensivo en la agricultura. Las levaduras ayudan a degradar

proteínas complejas y carbohidratos. Son termotolerantes y también, productores de alcohol.

Algunas cepas *Saccharomyces cerevisiae* puede resistir a los herbicidas y se emplean como biorremediadores de metales pesados de los suelos como el Cadmio.

Candida albicans levadura patógena en humanos, causa la enfermedad conocida como candidiasis

Figura 55. *Saccharomyces* spp. insumo importante en la panificación, vinicultura y cervecería.

Subdivisión: Taphrinomycotina

Patógeno en algunas plantas; son unicelulares (falsas levaduras) o filamentosos; sus ascas en los géneros fitoparásitos son producidas en la superficie del tejido de su hospedante; en consecuencia, no forman ascocarpo. Incluye un único orden Taphrinales con dos familias y unas 140 especies.

10.2 . Clase: Taphrinomycetes

10.2.1 Orden: Taphrinales

Los Taphrinales son parásitos obligados (biotróficos) de plantas superiores, causando una amplia variedad de síntomas hipertróficos (escoba de bruja, agallas, encrespamiento). Se conocen cerca de seis géneros de los cuales *Protomyces* (10 especies) y *Taphrina* (95 especies) son los más importantes.

Familia: Taphrinaceae

Nombre de la enfermedad: "Cloaca del melocotonero"

Agente causal: *Thaphrina deformans* (Berk.) Tul.

Su fase asexual se ha determinado en *Lalaria* sp., pero no es importante desde el punto de vista epidemiológico de la enfermedad.

Tejidos que infecta: brotes, hojas y frutos.

Síntomas:

En las hojas, se produce el síntoma característico de la enfermedad y esta consiste en la formación ampollas cloróticas que se van encrespando hasta tomar un color rosado brillante; el encrespado puede abarcar casi toda la hoja (Figura 56). Ataques severos producen defoliaciones, debilitamiento de brotes y la reducción en el cuajado de frutos, afectando el vigor del árbol y reducción del valor de la cosecha. En los frutos se observan deformaciones de color rosado.

Clasificación

División: Ascomycota

Subdivisión: Taphrinomycotina

Clase: Taphrinomycetes

Orden: Taphrinales

Familia: Taphrinalceae

Género: *Taphrina deformans*

F. A: *Lalaria* sp.

Figura 56. Síntomas de la enfermedad “cloaca del melocotonero” causado por *Taphrina deformans*. Tomado de: www.greenravenna.it y www.eyeem.com.

ASCOMYCETOS CON ASCOCARPO

Sub división: Pezizomycotina

Agrupa a la mayoría de los Ascomycota, con más de 32,000 especies descritas (Kirk et al. 2001), e incluye todas las especies que producen ascocarpos (cleistotecio, peritecio, apotecio y ascostroma). Están presentes en todos pisos ecológicos y participan en la descomposición de la madera (xilófagos) y la hojarasca, son patógenos de plantas y animales, micorrizas, endófitos y líquenes, tanto en hábitats acuáticos y terrestres.

Poseen diferentes tipos de ascas: operculado, inoperculado, prototunicado, unitunicado y bitunicado, que están relacionados al número y grosor de la túnica envolvente y a los mecanismos que poseen para liberar a sus ascosporas (Figura 57).

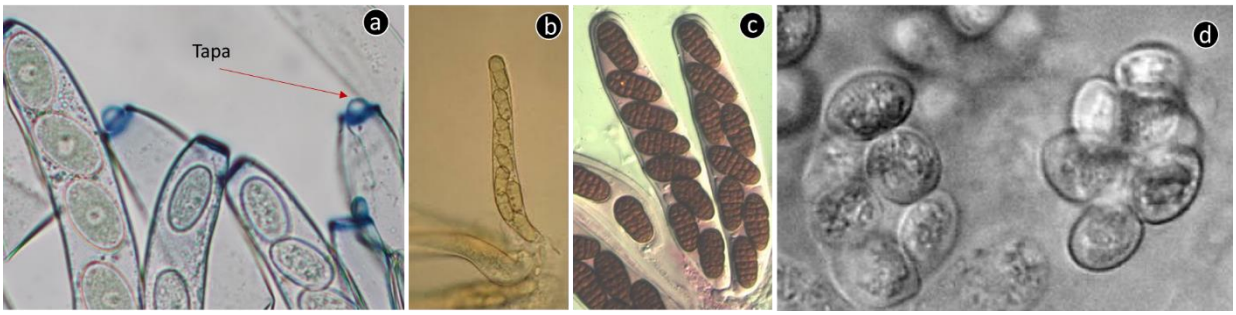


Figura 57. Tipos de asca. a) Asca operculada (posee tapa de salida). b) Asca inoperculada y unitunicada. c) Asca bitunicada e inoperculada. d) asca protunicada.

Las ascas tipo operculados están restringidos a hongos Pezizomycetes que liberan sus ascosporas a través de un opérculo (tapa) que se forma en el ápice del asca. Las ascas inoperculados son producidos por ascomycetes que forman Apotecio (Lecanoromycetes, Leotiomycetes, Orbiliomycetes), Cleistotecio (Sordariomycetes, Leotiomycetes) y son típicamente unitunicados (paredes delgadas), y liberan sus ascosporas a través de un poro o canal o por medio de una serie de eventos como la desintegración de la pared de las ascas. Las ascas prototunicadas son producidos por Lecanoromycetos, Eurotiomycetes y Sordariomycetes.

10.3 Clase: Eurotiomycetes

10.3.1 Orden: Eurotiales

Presencia de cleistotecios marrones, rojo-vino, blanco y crema.

Familia: Aspergillaceae

Los Aspergillaceae (antes Trichocomaceae), son los más inusuales entre los ascomycotas por observarse mayormente su accionar en su forma asexual y, en esta fase, producen mayor cantidad de conidias que ascosporas durante su ciclo de vida. La mayoría de sus especies son saprófitos que invaden rápidamente los sustratos no colonizados. Algunas especies corresponden al grupo de hongos conocidos como "Mohos" que están omnipresentes en todos medios ecológicos del mundo, y constituyen los mayores contaminantes de los alimentos y granos almacenados al producir sobre ellos micotoxinas que limitan su consumo, al ser tóxicos para salud humana y animales. Los géneros más representativos en la fase ascógena (sexual) son: *Eurotium* sp. *Emiricella* sp., *Talaromyces* sp. entre otros; en esta fase no son significativos en cuanto a su capacidad patogénica; esta corresponde a su fase conidial (asexual) como *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp*. También existen biocontroladores de insectos (entomopatógenos) y nematodos fitoparásitos con alta capacidad antagónica. En el Cuadro 3, se presenta los géneros en la fase ascógena y sus respectivos géneros en su fase conidial.

Cuadro 3. Géneros de la familia Aspergillaceae (antes Trichocomaceae) y sus respectivos géneros en su fase asexual.

Fase Ascogena/sexual/Telemórfica	Fase conidial/Asexual/Anamórfica
Eurotium, Sartorya, Emericella, Fennellia, Petromyces y Chaeosartorya	*Aspergillus* (Fitoparásito-micotoxinas)
Talaromyces, Carpenteles, Eupenicillium	*Penicillium* (Fitoparásito-micotoxinas)
Byssochlamys / Thermoascus	*Purpureocillium* (Biocontrolador)

En el cultivo de cítricos a nivel de postcosecha se presenta una enfermedad conocida como "moho verde", esta es causado por *Penicillium digitatum* que corresponde a la fase asexual de *Talaromyces* o *Eupenicillium* sp. Esta enfermedad es agresiva y altamente infectiva en la época de cosecha y postcosecha, si no se mantienen las buenas prácticas agrícolas.

Nombre de la enfermedad: "Moho verde" / "Moho azul" en cítricos.

Tejidos que infecta: sólo frutos.

Agente causal:

Talaromyces sp. / *Carpenteles* sp.

Su fase asexual corresponde e *Penicillium digitatum* Sacc. "Moho verde" y

Penicillium italicum Wehmer "Moho azul.

La enfermedad es desarrollada por esta fase, también denominada fase conidial.

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Orden: Eurotiales

Familia: Aspergillaceae

Género: *Talaromyces* sp. / *Carpenteles* sp.

Fase asexual: *Penicillium digitatum*

Penicillium italicum

Síntomas:

Producida la infección en el fruto a través de una herida, sus hifas liberan enzimas que degradan la lignina de la pared celular y se origina una pudrición blanda de aspecto húmedo. Esta pudrición se extiende progresivamente, en la parte externa por donde avanza la pudrición, se va cubriendo con un moho blanco, que constituyen las hifas, donde posteriormente, sobre ellas se forman las conídias que cambian el color de blanco a verde o azulado según la especie de *Penicillium* que causó la infección (Figura 58).

Figura 58. Esporulación de *Penicillium digitatum* (moho verde) y *Penicillium italicum* (moho azul) sobre frutos de cítricos.

Ciclo patogénico:

La enfermedad se desarrolla en los frutos que están próximos a la maduración o en aquellos que alcanzan la sobre madurez. Las principales unidades infectivas son las conídias, no obstante, el micelio pude jugar un rol importante en la infección cuando frutos infectados entran en contacto con otros sanos. Las conídias pueden permanecer durante meses sobre el fruto e inician el proceso de germinación e infección en cuanto entran en contacto con los líquidos liberados por las heridas causadas en la cosecha, empaque, trasporte o manipuleo en los centros de venta. Es una enfermedad de postcosecha aun cuando el inóculo pueda venir sobre el fruto desde el campo; asimismo, la infección solo puede ocurrir a través de las heridas y por esta característica pertenece al grupo de los llamados patógenos débiles.

Las conídias que germinan en las heridas, producen micelios que penetran 2 a 3 mm en el mesocarpo o albedo y esto sucede dentro de las 48 horas en un rango de temperatura entre 20 a 25 ºC. El micelio se desarrolla externamente, produciendo abundante cantidad de conídias que rápidamente son diseminadas por el viento para causar nuevos ciclos de infección. Cuando el fruto llega al máximo estado de infección y el tejido comienza a descomponerse, el micelio inicia el proceso de formación de cleistotecios como estructuras de sobrevivencia (fase sexual); cabe mencionar que estas estructuras son raramente encontradas bajo condiciones de campo (Figura 69).

La pudrición azul y la verde son similares en cuanto a su ciclo patogénico, proceso de infección y epidemiología. Sin embargo, *P. digitatum* (moho verde) se propaga en los envases a una temperatura cercana a los 24°C, en cambio *P. italicum* no se propaga en los en los envases y se desarrolla mejor en temperaturas frías (10°C) y son resistentes a los fungicidas del grupo de los benzimidazoles.

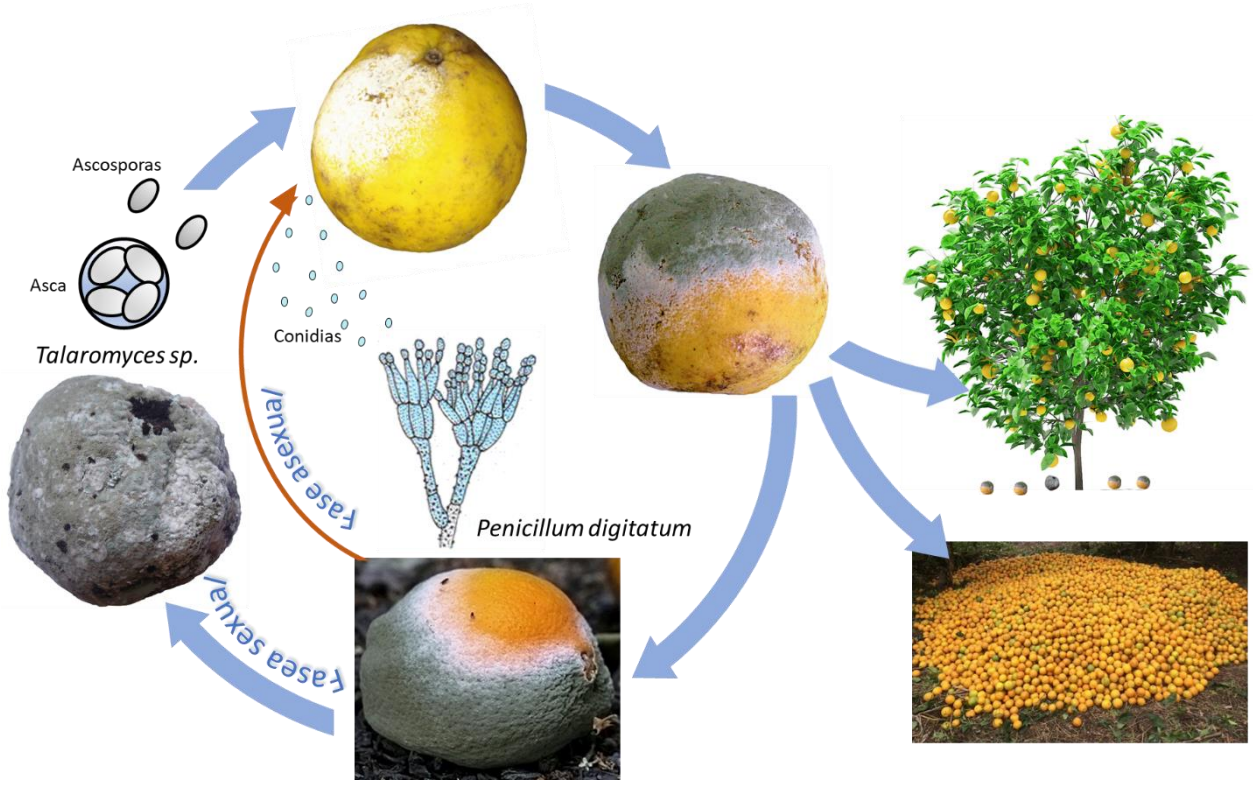


Figura 59. Ciclo patogénico de *Talaromyces sp.* (fase ascógena) y *Penicillium digitatum* (fase conidial) en frutos de cítricos.

Los Mohos

Es el nombre común que se le asigna a los hongos filamentosos que se desarrollan sobre la superficie de los alimentos y otros materiales orgánicos en condiciones de humedad o descomposición. Sobre el sustrato forma una capa de color blanco, negruzco, verdoso o azul de pendiendo del género y especie. Ayudan en el proceso de descomposición de la materia orgánica, reciclan los nutrientes y se encuentran presente prácticamente en todos en los ecosistemas terrestres (Figura 60).

Es importante mencionar que hay mohos que se utilizan para la elaboración de quesos, como los famosos quesos azules (roquefort) que recurren al uso del género *Penicillium* para lograr sus características distintivas (Figura 5).

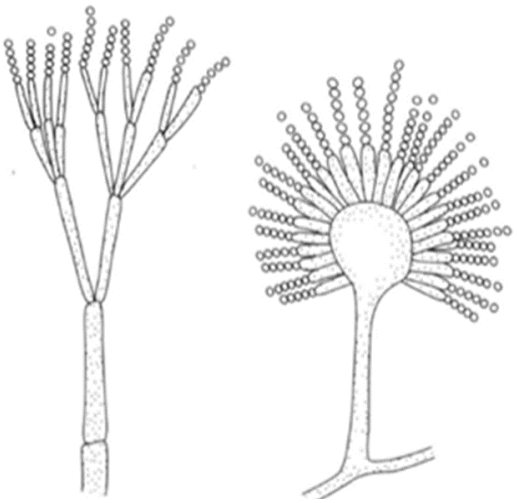
Su importancia de los mohos radica que al desarrollarse sobre los alimentos producen micotóxinas de gran toxicidad para la salud humana, aunque la mayoría no causa problemas graves.

Los mohos comprenden a un amplio grupo de hongos distribuidos en las divisiones Mucoromycotas, Ascomycotas y Deuteromycotas (fase asexual de los ascomycotas).

Figura 60. Aspecto de los mohos contaminando alimentos y deteriorando paredes.

"Mohos en granos" almacenados

En granos almacenados de diferentes cultivos, los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* son los causantes de estos mohos que se desarrollan sobre ellos. Por ejemplo, *Aspergillus ochraceus*, produce la toxina denominada Ocratoxina A (OTA), sus efectos tóxicos en los animales y humanos son: nefrotóxico (alteraciones en el riñón.), genotóxico (daño al material genético), carcinogénico (producir cáncer), teratogénico (defecto congénito), y neurotóxico (efecto en el sistema nervioso); por ello, la comunidad europea ha establecido límites legales de esta micotoxina en el vino, café y en otras bebidas no mayor de 2 µg/kg. Además, ha sido clasificada por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer como un posible cancerígeno en humanos. Las principales especies de Aspergillus productoras de OTA son *A. ochraceus*, *A. carbonarius* y *A. niger*. Dentro del género Penicillium, la producción de OTA se asocian a *P. verrucosum* y *P. nordicum.* Las especies de Aspergillus y Penicillium, además de producir ocratoxinas, producen otras toxinas denominadas Aflatoxinas. Ambas pertenecen al grupo de toxinas producidas por hongos y son mundialmente conocidas como micotóxinas. Las aflatoxinas forman el grupo de micotóxinas mejor estudiado y el primero en ser descrito; son sintetizadas fundamentalmente por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, aunque también se han descrito otras especies del género *Aspergillus*. En el Cuadro 4, se mencionan las micotóxinas producidas por diferentes hongos.



Penicillium Aspergillus

Cuadro 4. Principales micotóxinas producidas por hongos que contaminan alimentos y efectos tóxicos más representativos.

MICOTOXINA	HONGO	SUSTRATO PRINCIPAL	PRINCIALES EFECTOS TOXICOS
Aflatoxinas	*Aspergillus* sp.	Cereales, leche, frutos secos	Altamente cancerígena, produce toxicidad y cáncer de hígado
Citrinina	*Penicillum* sp.	Cereales y frutos secos	Efecto nefrotóxico, inmunosupresora
Fumonisinas	*Fusarium* sp., *Aspergillus niger*	Cereales (maíz)	Carcinógena, hepatotóxica
Ocratoxinas	*Aspergillus* sp. *Penicillum* sp.	Cerelaes, Café, cacao, legumbres quesos, carnes ahumadas, frutas	Efecto nefrotóxico, necrosis hepática, efecto inmunosupresor
Patulina	*Penicillum* sp.	Creales, frutas, quesos	Neurotóxica, afecciones pulmonares, lesiones de hígado y riñón, carcinomas, inmunosupresora.
Tricotecenos	*Fusarium* sp.	Cereales	Afeciones al sistema digestivo, circulatorio, nervioso y pie
Zearalenona	*Fusarium* sp.	Cereles y subproductos	Afecciones sistema reproductor, estrógena.

Nombre de la enfermedad: "Moho" en granos almacenados (cacao y café, arroz, maíz y otros). Productores de la Ocratoxin A (OTA)

Agente causal:

Eurotium, Sartorya, Emiricella, Fennellia, Petromyces y Chaeosartorya (Aspergilus).

Talaromyces sp. / Carpenteles sp. (Penicillium)

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Orden: Eurotiales

Familia: Tricocomataceae

Género: *Talaromyces / Carpenteles*

Eurotium / Emiricella.

Fase asexual: *Penicillium* sp.

Aspergillus sp.

Fase asexual:

Aspergillus ochraceus Wilhelm.

Aspergillus carbonarius (Bainier) Thom

Aspergillus niger Tiegh.

Penicillium verrucosum Dierckx

Penecillium nordicum Dragoni & Cantoni ex C. Ramírez 1986

La enfermedad es importante en su fase asexual.

Síntomas:

La ocratoxina A es producida por especies de dos géneros de hongos: *Aspergillus* y *Penicillium*, estas bajo condiciones favorables pueden desarrollarse sobre cereales, uvas, café y cacao (Figura 61). En el café, los hongos más importantes en la producción de OTA son los *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius* y algunas cepas de los *A. niger*.

La FAO y la OMS han establecido límites tolerables para los humanos de 100 milmillonésimos de gramo por kilogramo de peso corporal a la semana. En 2004, la Unión Europea estableció límites admisibles para la OTA de 5 ppb en el café tostado y molido, y 10 ppb en el café instantáneo. No se han anunciado límites para el café verde, mientras que para los granos de cacao y sus derivados es de 2 µg/kg (2 ppb). Una de las recomendaciones para evitar el desarrollo de mohos en los granos almacenados es mantener la humedad menor a 12,5% durante su almacenamiento. En cacao el contenido de humedad en los granos deberá revisarse periódicamente y no podrá exceder el 8%.

Figura 61. Mohos sobre granos de cacao (a), café (b) y maíz (c).

Género: *Purpureocillium* y *Paecilomyces*

El género *Purpureocillium* antes denominado *Paecilomyces* es morfológicamente, similar a *Penicillium*, pero se diferencian macroscópicamente, por la ausencia de colonias verdes, y microscópicamente, por la forma de las fiálides que presentan la forma de botella con bases anchas o cilíndricas y cuello largo. *Purpureocillium* es el estado anamórfico de varios géneros de ascomycotas distribuidos en varios órdenes. Algunos autores lo incluyen como el estado anamórfico del género *Byssochlamys* / *Thermoascus* (ver pág. 62).

Purpureocillium lilacinum (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson, 2011 (syn. *Paecilomyces lilacinus* (Thom 1910) Samson 1974).

Biocontrolador de: Nematodos fitoparásitos

Mecanismo de control: infecta a todos los estados juveniles, adultos, pero es

especialmente agresivos contra los huevos (Figura 62). En los adultos deforma su estilete, destruye sus ovarios y disminuye la eclosión de los huevos. Además, si el pH es ligeramente ácido, produce toxinas que afectan al sistema nervioso de los nematodos.

Nematodos que controla: se reporta buen nivel de control sobre *Tylenchus* sp., *Meloidogyne* sp., *Nacobbus* sp., *Radopholus similis, Ditylenchus* sp., *Heterodera* sp., *Globodera rostochiensis, Helicotylenchus sp., Aphelenchus avenae, y Pratylenchus* sp.

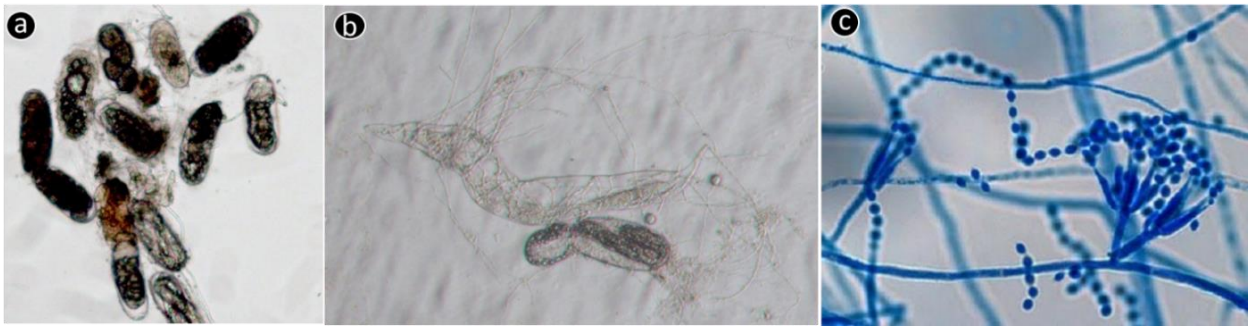


Figura 62. *Purpureocillium lilacinum*, bicontrolador de fitonematodos. Parasitismo de huevos y J1 de Meloidogyne (a). Parasitismo de J3 de *Meloidogyne* (b). Hifas, conidióforos y conidias de *P. lilacinum* (c). Tomado de: https://agroexcelencia.com/como-evaluar-control-de-paecilomyces-lilacinus/

Paecilomyces fumosoroseus. (Wize) A.H.S. Brow & G. Smith

Biocontrolador de: Insectos plaga (Entomopatógenos)

Mecanismo de control: tiene la capacidad de infectar cualquiera de los estadios de desarrollo de los insectos (huevo, larva y adulto) a los que parasita. El ciclo de infección es como en la mayoría de las especies de hongos entomopatógenos (Figura 63). Se inicia con la adhesión de las esporas en la cutícula, germinación, penetración, crecimiento vegetativo, esporulación y diseminación. Es importante resaltar que todo el ciclo patogénico se realiza en alrededor de 5 a 7 días.

Insectos que controla: insectos del orden Díptera, Lepidóptero, Coleóptera, Hemíptera, Homóptero y ácaros,

Figura 63. *Paecilomyces fumosoroseus* biocontrolador de insectos. Parasitismo sobre un curculiónido (a). Parasitismo sobre mosca blanca (b). Hifa conidióforo y conidias de *P. fumosoroseus* (c). Tomado de: https://www.biolib.cz/en/taxonimage/id239791/?taxonid=354515

10.4 Clase: Leotiomycetes

Agrupa 5 órdenes, 19 familias, 641 géneros y alrededor de 5 587 especies. Los órdenes Erysiphales y Helotiales son parásitos en plantas, y sus ascas pueden estar en ascocarpos tipo peritecio o apotecio. Incluye a las enfermedades conocidas como mildius en la fase ascógena (fase sexual) u odiosis en su fase conidial (fase asexual).

10.4.1 Orden: Erysiphales

Agrupa unas aproximadamente a más de 500 especies y todos son parásitos obligados. Existe una sola familia los Erysiphaceae. Su ascocarpo es un cleistotecio (Figura 64), sin embargo, muchos micólogos lo consideran como un peritecio de cuello cerrado por poseer en su interior a las ascas en forma ordenada, no siendo esta una característica de un cleistotecio. Los peritecios de cuello cerrado se forman en tejidos infectados al finalizar su ciclo vegetativo, actuando como una estructura de sobrevivencia. Cuando las condiciones son favorables (humedad, temperatura y tejido para infectar) el peritecio se rompe por una línea de partición exponiendo las ascas que descargan sus ascosporas hacia el viento (Figura 64-c).

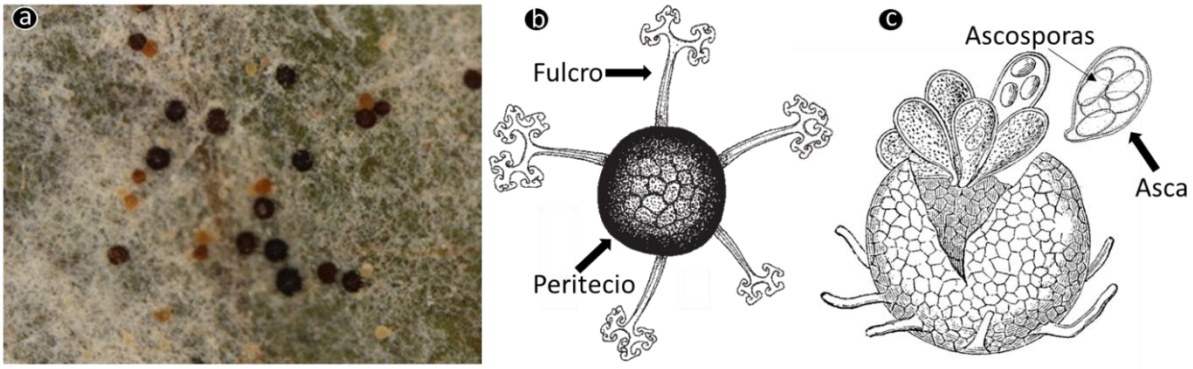


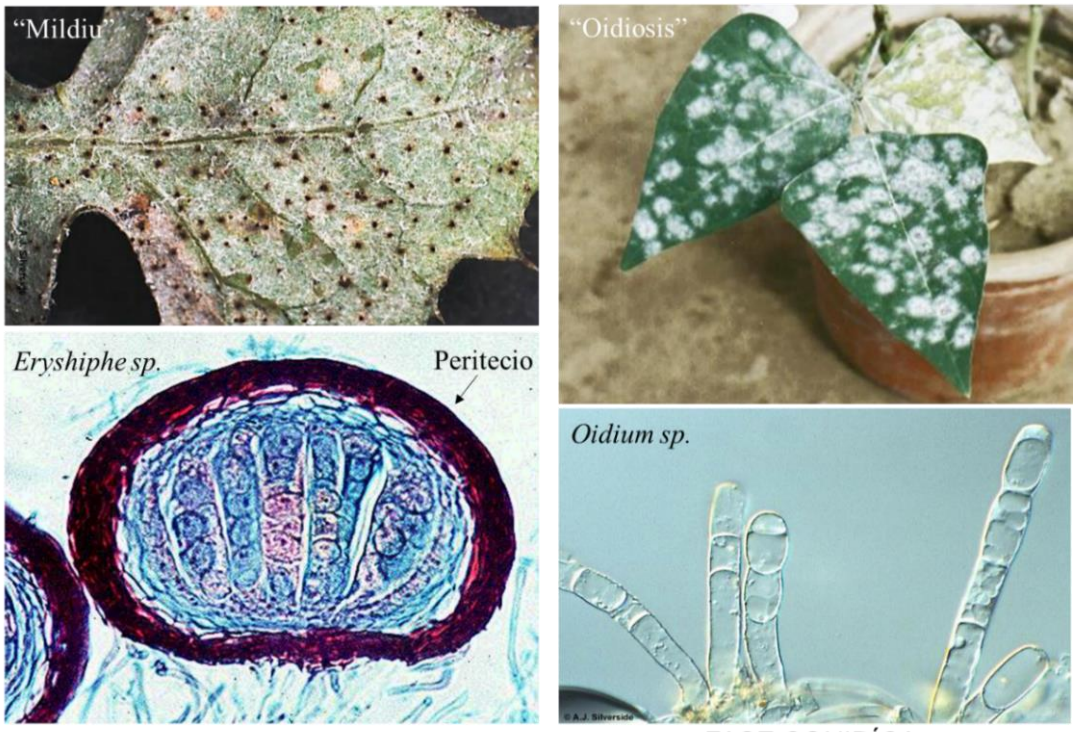
Figura 64. Características estructurales de los Erysiphales. (a). “mildiu” sobre el cual se forman los peritecios. (b). Peritecio de cuello cerrado con apéndices denominados fulcros (su forma en emplea para identificar géneros). (c). Peritecio maduro roto liberando ascas y ascosporas.

Familia: Erysiphaceae

Causan algunas enfermedades conocidas como "Mildius” que, en este caso, consiste en la presencia de un polvillo de color blanco plomizo que cubre los órganos aéreos de la planta, especialmente los brotes y hojas. En su fase asexual causan la enfermedad conocida como las “oidiosis” (Figura 65).

Como **estructura vegetativa,** poseen micelio septado y hialino que crece en la superficie del hospedante, penetrando sólo sus haustorios a las células epidérmicas, a esta forma de posición se denomina como “ectoparásitos”; sin embargo, hay una excepción los géneros *Leveillula taurica* y *Phyllactinia corylea* debido a que su micelio crece y se desarrolla dentro del mesófilo de la hoja y se les denomina endoparásitos.

Como **estructuras propagativas** de origen sexual, lo constituyen las ascosporas y como estructuras **propagativas** de origen asexual, están las denominadas Odias o conídias que se forman solitarias o en cadena en el extremo de los oidióforos o conidióforos (Figura 65).



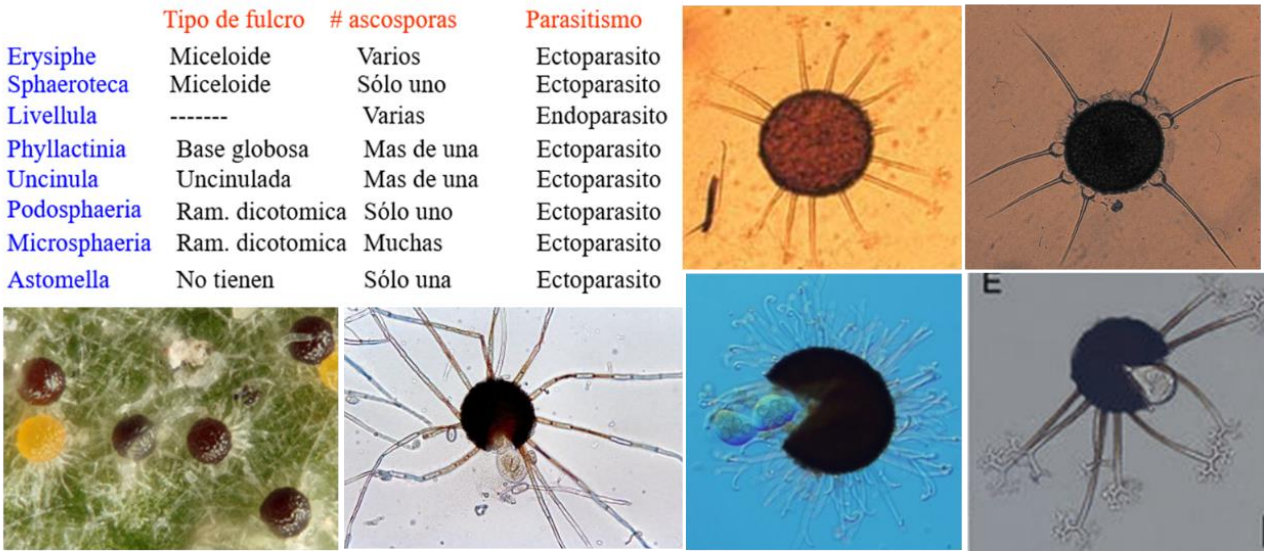
FASE ASCOGENA FASE CONIDÍCA

Figura 65. Apariencia y estructuras morfológicas formadas en la fase ascogena (sexual) y conidial (asexual) de *Erysiphe sp.*

Los peritecios de esta familia están provistos de apéndices de forma y longitud variable llamados fulcros (Figura 64-b); en la taxonomía, se emplea para la identificación de los géneros. En la Figura 66, se describe las características diferenciales por el tipo de fulcro, número de ascosporas dentro de un asca y tipo de parasitismo de los géneros más relevantes que causan los mildius.

Síntomas generales causados por mildius: deformación de brotes, manchas cloróticas en el haz, en el envés se forma una masa pulverulenta blanco grisáceo que corresponde al micelio y presencia de los peritecios de cuello cerrado . Ataques severos provocan defoliación, necrosis de tallos, caída de flores, deformación y caída de frutos.

En el Cuadro 5, se presenta los géneros que causan los mildius y oidiosis en sus respectivos hospedantes. Nótese que las plantas siempre verdes como el mango, achiote y papaya no presenta la fase mildiu; se menciona que en este tipo de plantas no es necesario que forme los peritecios porque siempre existe tejido verde que infectar; en cambio, en las plantas caducifolias (manzana, uva, melocotón y plantas anuales) sí es necesario su formación como estructura de sobrevivencia cuando no hay tejido verde.



	Tipo de fulcro	# ascosporas	Parasitismo
Erysiphe	Miceloide	Varios	Ectoparasito
Sphaeroteca	Miceloide	Sólo uno	Ectoparasito
Livellula	-------	Varias	Endoparasito
Phyllactinia	Base globosa	Mas de una	Ectoparasito
Uncinula	Uncinulada	Mas de una	Ectoparasito
Podosphaeria	Ram. dicotomica	Sólo uno	Ectoparasito
Microsphaeria	Ram. dicotomica	Muchas	Ectoparasito
Astomella	No tienen	Sólo una	Ectoparasito

Figura 66. Tipos de fulcros, numero de ascosporas por asca y ubicación del hongo en el tejido de su hospedante.

Cuadro 5. Agentes causales de la enfermedad “mildius” con sus respectivos géneros que corresponden a su fase conídica (“oidiosis”) y hospedantes.

Fase ascógena (Mildiu) Fase sexual - Telemórfica	Fase conídica (Oidiosis) Fase asexual - Anamórfica	Hospedantes
Erysiphe polygoni	*Oidium balsami*	Frijol, soya, tomate, arveja
Erysiphe necator	*Oidium tuckeri*	Uva
Leveillula taurica	*Oidiopsis gossypii*	Algodón
Sphaeroteca pannosa	*Oidium leucoconium*	Melocotón y Rosas
Podosphaera leucotricha	*Oidium farinosum*	Manzano
No determinado	*Oidium bixae*	Achiote
No determinado	*Oidium mangiferae*	Mango
No determinado	*Oidium caricae*	Papaya

Nombre de la enfermedad: “mildiu de la uva”

Agente causal: *Erysiphe necator* Schw.

Su fase asexual corresponde a *Oidium tuckeri* Berk.

Tejidos que infecta: hojas jóvenes, brotes, flores y frutos.

Síntomas: afecta a todos los órganos verdes de la planta

Hojas: se observa manchas aceitosas y húmedas en el haz que corresponde en el envés a zona infección, además, se visibiliza abundante esporulación pulverulenta con presencia de peritecios (Figura 67 y 68).

Clasificación

División Ascomycota

Clase Leotiomycetes

Orden: Erysiphales

Familia: Erysiphaceae

Género: *Erysiphe necator*

Fase asexual: *Oidium tuckeri*

Brotes y sarmiento (inflorescencia): los brotes se curvan, cubriéndose de la masa pulverulenta y blanquecina, ataques severos pueden secar y desprender todo el tejido.

Racimo: los granos pueden ser atacados inicial o posteriormente. En ataques tardíos, los racimos no se recubren de una pelusilla blanca, pero adquieren un color pardo.

Figura 67. *Erysiphe necator*. (a) Micelio y peritecios/cleistotecios en el en vez de la hoja. (b) Peritecio maduros – color marrón oscuro. (c) Fulcro, asca y ascospora. Tomado de: https://www.naturamediterraneo.com/forum/topic.asp?ID=221484

Figura 68. Síntomas causados por *Erysiphe necator* en su fase asexual sobre hojas, bajas y racimos de uva. Fotos adaptadas de: https://www.pinterest.com/pin/508203139202702469/

Ciclo patogénico:

En la Figura 69, se describe el ciclo patogénico de *Erysiphe necator* en el cultivo de uva. La infección ocurre a través del micelio, que se mantiene dentro de las yemas dormantes, y las ascosporas liberadas de los peritecios (fuente de inóculo primario), formados al final de campaña anterior. Es importante señalar que para las condiciones geográficas de Perú no se ha reportado la presencia de peritecios (fase sexual), en consecuencia, el ciclo patogénico se inicia con la activación del micelio que ha permanecido dormante durante el invierno en las yemas (1).

Las yemas dormantes inician su crecimiento en la primavera y junto a ella se activa el crecimiento micelial de *Erysiphe* u *Oidium* produciéndose abundante esporulación sobre los brotes (2). Las conídias formadas, son diseminadas por el viento a todo el viñedo originando nuevas infecciones sobre las hojas, pedúnculos y sarmientos (Ciclo secundario) (3). Las conídias no requieren agua líquida para germinar. Al finalizar el ciclo productivo de la uva, el micelio permanecerá inactivo en las yemas dormantes. Si en la zona se produce la fase sexual, se formará sobre los tejidos infectados los peritecios que permanecerán como estructuras de sobrevivencia hasta la primavera (4).

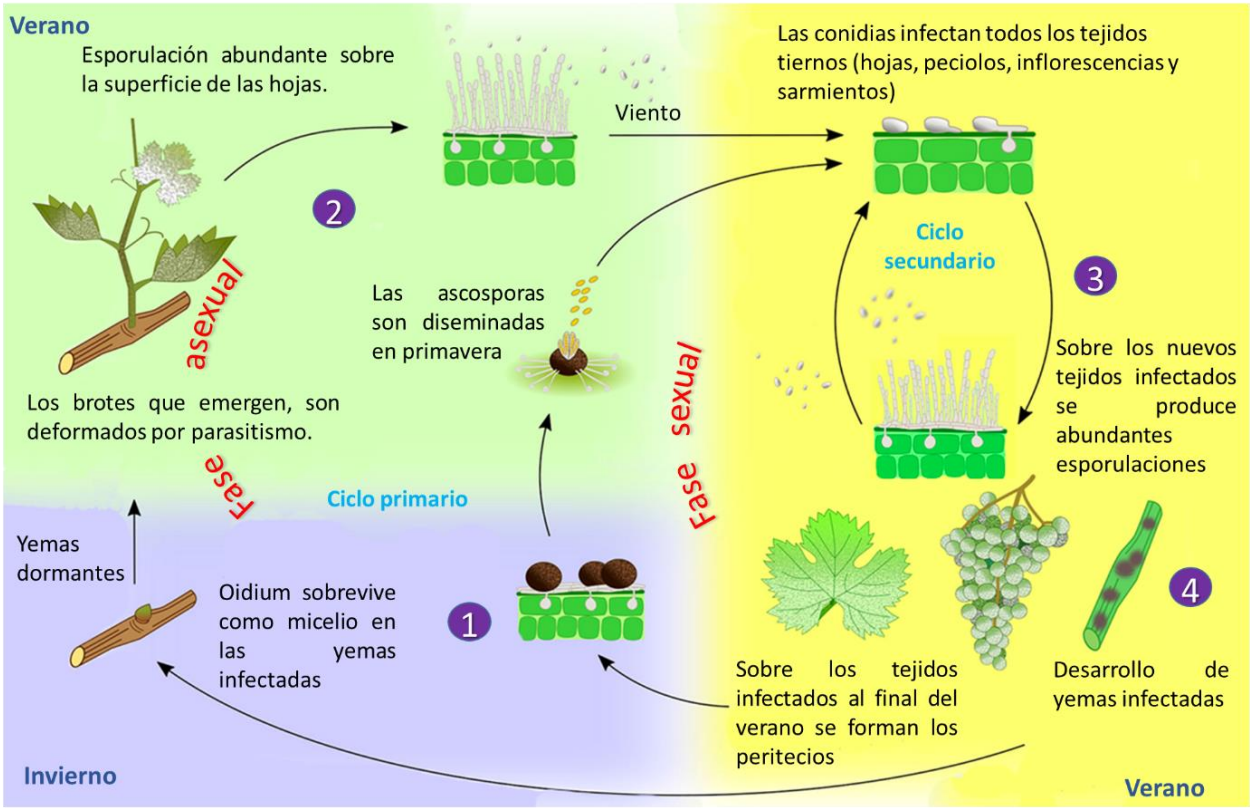


Figura 69. Ciclo patogénico de *Erysiphe necator* sobre la uva. Adaptado de: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01394/full

Otros mildius de importancia

Erysiphe polygoni (*Oidium balsami*) en frijol, soya, tomate, arveja (Figura 70), *Sphaerotheca pannosa* (*Oidium leucoconium*) en melocotón y Rosas (Figura71), *Podosphaera leucotricha* (*Oidium farinosum*) en manzano (Figura 72), *Salmonia malachrae* (*Ovulariosis gossypii*) en algodón (haz de la hoja), *Leveillula taurica* (*Oidiopsis gossypii*) en algodón (envés de la hoja), tomate, ajíes y pimiento.

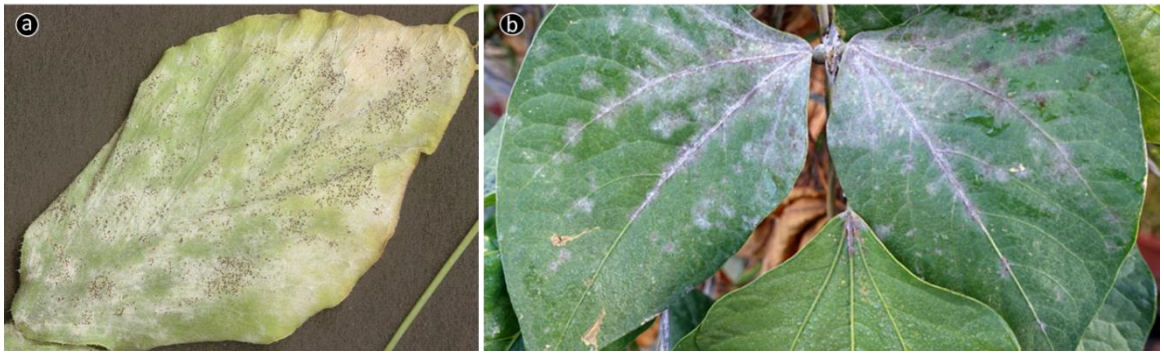


Figura 70. *Erysiphe polygoni* en frijol. (a) micelio y peritecios en el envez de las hojas. (b) fase conidial (*Oidium balsami*) en haz de las hojas de frijol. (a) tomado de: https://www.growveg.com/plant-diseases/us-and-canada/bean-powdery-mildew/

Figura 71. *Sphaeroteca pannosa* en melocotón. (a) peritecio. (b) los peritecios permanecen sobre el brote dormante. (c) las ascosporas infectan los brotes. (d) sobre los brotes infectados por las ascosporas se forma la fase conidial *Oidium leucoconium*. Tomado de: https://intermountainfruit.org/dbm/powdery-mildew.

Figura 72. *Podosphaera leucotricha* en Manzano. (a) Peritecios en ramas. (b y c) esporulación de la fase conidial (*Oidium farinosum*) en brotes. (d) daños en frutos. Tomado de: https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons.

Existen Oidiosis en las que no se ha determinado la fase sexual o estado ascógena, este grupo es tratado en el inexistente grupo taxonómico de los Deuteromycotas (página 261).

10.4.2 Orden: Helotiales

Poseen un apotecio pequeño que puede o no presentar pedicelo. Entre las ascas, forma unos filamentos denominados parafísas; sus ascas son engrosadas apicalmente; sus ascosporas son unicelulares, pequeñas, hialinas y de superficie lisa. Incluye a 10 familias, unos 500 géneros y unas 3 900 especies. La familia que destaca por tener fitopatógenos de importancia económica son los Sclerotiniaceae.

Familia Sclerotiniaceae.

La característica principal de esta familia es la formación de esclerotes, de los cuales, al germinar, se producen pequeños apotecios con pedicelo más o menos largo. Algunos géneros son fitoparásitos, y causan graves pérdidas en cultivos que producen frutos de hueso y pepita, causando pudriciones húmedas. Los géneros que destacan son: *Monilinia*, *Botryotinia* y *Sclerotinia*

Nombre de la enfermedad: “Pudrición” o “moniliosis” en melocotón, manzana, cereza, pera, membrillo y otros.

Agente causal: *Monilinia fructigena* (Aderhold & Ruhl.) Honey y *Monilinia laxa* (Aderh. y Ruhl.) Honey

Su fase asexual corresponde a *Monilia fructicola* Pers.

Tejidos que infecta: flores, hojas, ramas y frutos.

Síntomas:

Los síntomas en frutos se manifiestan en aquellos próximos a la madurez; primero, aparecen pequeñas manchas circulares de color café, las cuales se extienden con gran rapidez en todas las direcciones y dependiendo del nivel de humedad, se cubre rápida o lentamente con una masa pulverulenta de color cenizo. Luego, el fruto se pudre y momifica, pudiendo permanecer en el árbol o caer al suelo, pero en ambos casos se forman sobre ellas esclerotes, las cuales constituyen las estructuras conservativas. En la Figura 73, se presentan los síntomas causados en frutos de melocotón, manzana y ciruela. Cuando la infección ocurre en flores se vuelven pardas, se marchitan y suelen quedar envueltas en una masa gomosa, constituida por las conídias; también causa cancros en ramas y brotes causan su necrosamiento. En la costa, en el cultivo del melocotón, es un problema que puede significar grandes pérdidas si no se adoptan estrategias de manejo integrado del cultivo.

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Monilinia fructigena*

Fase asexual: *Monilia fructicola*

Figura 73. síntomas y signos típicos causados por *Monilia fructicola* (fase conídica de *Monilinia fructigena*) en frutos de melocotón, manzana y ciruela.

La enfermedad de la moniliasis del cacao inicialmente fue identificada con el género *Monilia* sp. por poseer características similares en su morfología; sin embargo, en la década de los años 60 fue renombrado a *Moniliopthora roreri* por la existencia de diferencias en la posición de la conídia joven respecto al conidióforo; la conídia joven en *Moniliophthora* se encuentra en la base, mientras que en *Monilia* se encuentra en la en el extremo más distante.

Ciclo patogénico:

En la Figura (74), se esquematiza el ciclo patogénico del agente causal de la “pudrición morena”, tanto en su fase sexual y asexual. El patógeno sobrevive de una campaña a otra en los frutos momificados que quedan en el árbol y en los que caen al suelo. Los frutos caídos permanecen semienterrados y protegidos por la hojarasca y malezas. La planta de melocotón es caducifolia, por lo tanto, tiene una etapa del año en que se inicia el brotamiento y esta condición es activada como en todo cultivo las lluvias estacionales.

Las lluvias inducen la formación de conídias sobre los frutos momificados que permanecen en la planta, o inducen a la germinación de los esclerotes formados en los frutos momificados que permanecen en el suelo. La germinación de los esclerotes conlleva a la formación de apotecios y, sobre estos, se forman las ascas y ascosporas (Fase sexual). Las conídias se forman a temperaturas mayores a 5°C y se diseminan por acción de la lluvia y viento. Las temperaturas medias (17 a 22°C) favorecen el desarrollo de los apotecios.

Las ascosporas son llevadas por el viento hacía las flores y se produce su infección a través de los estigmas y anteras (*M. laxa*), estomas y cutícula de las hojas (*M. fructicula*), causando quemaduras en los pétalos y cancros sobre las ramas. Sobre estos cancros y flores se desarrollan conídias (Fase sexual) que servirán para iniciar nuevos ciclos infectivos (ciclo secundario).

Los frutos son infectados en el proceso de desarrollo y, por ello, las heridas físicas o por insectos son la vía más importante de penetración. Este patógeno produce una infección quiescente, cuya manifestación de síntomas ocurre en la fase de maduración de la fruta (almacenamiento y comercialización).

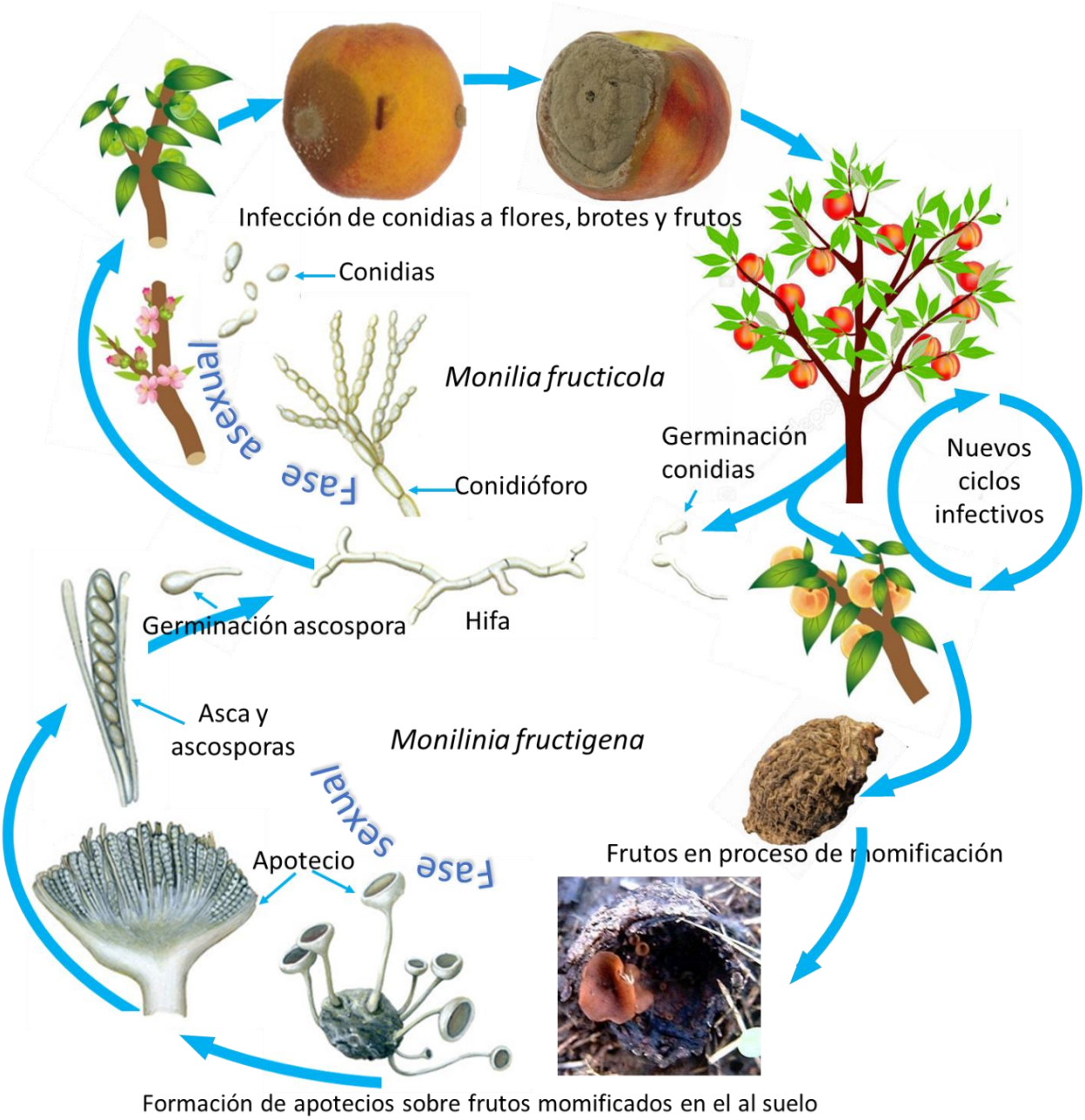


Figura 74. Ciclo de *Monilinia fructigena* y *Monilia fructicola* en Melocotón

Nombre de la enfermedad: "Pudrición blanda de las hortalizas" o “Moho blanco”; bajo condiciones de Costa y Sierra.

Agente causal: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Su fase asexual corresponde a *Myrioconium* sp. / *Sclerotium* sp.

Tejidos que infecta: Tallos

Síntomas:

Puede causar síntomas semejantes a la chupadera en camas de almacigo de hortalizas. En los tallos causa pudrición del cilindro central del tallo. Externamente, el micelio se extiende desde la raíz al tallo y hojas inferiores; a partir de ese micelio, se forman esclerotes que permanecerán en los restos de cosecha como estructuras de conservación. En otros cultivos, como la soya, los esclerotes se forman en la cavidad interna de los tallos. En la siguiente campaña, cuando exista condiciones de humedad y temperatura, germinarán formando apotecios.

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Sclerotinia sclerotiorum*

Fase asexual: *Sclerotium* sp.

En la Figura 75, se presentan los síntomas de pudrición y la formación de micelios blancos en el tallo y esclerotes de *Sclerotinia sclerotiorum* en la soya. Aun cuando, se ha reportado esta enfermedad en el cultivo de maní, no se ha evidenciado su presencia en la selva peruana.

Esta enfermedad es prevalente en la costa y la sierra, y se presenta en cultivos de frijol, tomate, girasol y papa.

Figura 75. Síntomas de pudrición y la formación de esclerotes que al germinar forman los apotecios de *Sclerotinia sclerotiorum.* Fotos tomadas de: https://www.sciencephoto.com/media/700043/view/stem-rot-sclerotinia

Nombre de la enfermedad: “Moho gris”, “Podredumbre gris”, “Moho negro” – varios cultivos.

Esta enfermedad ataca a diferentes especies, como cítricos, granadilla, uva, fresa, todas las hortalizas, flores, se estima que infecta a más de 200 especies de vegetales. Causa grandes pérdidas tanto en pre y postcosecha.

Agente causal: *Botrytinia fluckeliana* (de Bary) Whetzel

Su fase asexual se encuentra en *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., es en esta fase que causa el mayor impacto económico en los cultivos en el que ejerce su daño. La formación de su fase sexual no es habitual.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Botrytinia fluckeliana*

F. sexual: *Botrytis cinerea*

Tejidos que infecta: hojas, brotes, flores y frutos.

Síntomas:

Botrytis cinerea, al ser un patógeno necrótrofo, causa la necrosis en flores, hojas, yemas, brotes y frutas en pre y postcosecha. Los síntomas varían según el tipo de tejido infectado y las condiciones ambientales. Los tejidos infectados muestran manchas necróticas y, con el paso del tiempo, la superficie necrosada pasa a cubrirse con una capa pulverulenta de color gris, de allí su nombre “moho gris” (Figura 76). Esa masa pulverulenta muestra la formación de gran cantidad de conidióforos y conídias que son diseminados principalmente por el viento.

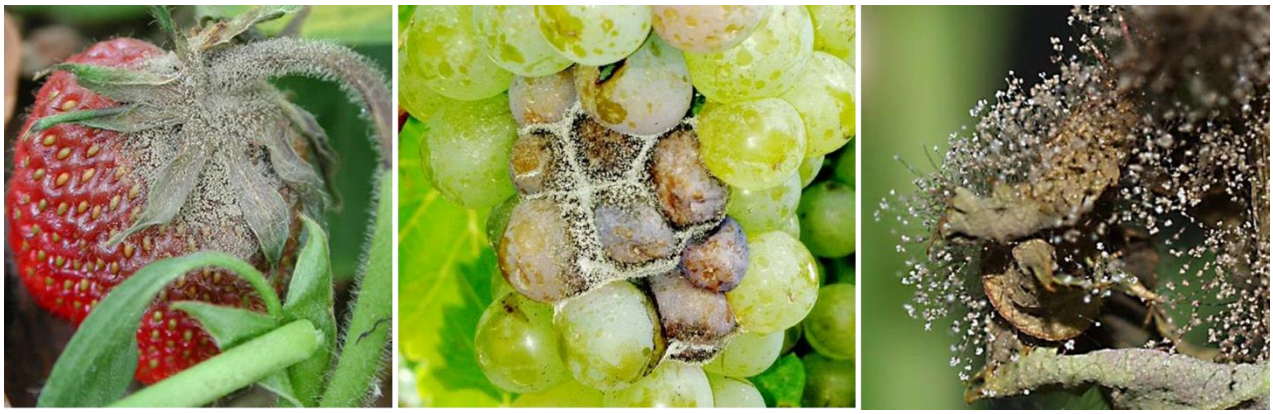


Figura 76. Síntomas de pudrición y esporulación de *Botrytis cinerea* en frutas y hojas. Fotos tomadas de: http://agriculturers.com/algunas-cosas-que-debes-saber-de-botrytis-cinerea/

Nombre de la enfermedad: “Aborto de flores y frutos” en cítricos

Agente causal: *Botrytinia fluckeliana.* Su fase asexual se encuentra *Botrytis cinerea*

Tejidos que infecta: Brotes, flores y frutos

Síntomas:

Infecta a los brotes, flores y frutos recién cuajados. En los brotes afecta principalmente a las flores, los botones florales abortan, las flores abiertas se secan y las ramillas se necrosan, presentándose sobre ellos abundante esporulación de color gris que corresponde a los conidióforos y conídias de *Botrytis*.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Botrytinia fluckeliana*

F. sexual: *Botrytis cinerea*

Frutos: se presenta principalmente en frutos inmediatamente fecundados, causando su caída. En frutos jóvenes, causan heridas que posteriormente se manifiestan en la formación de protuberancias que, a medida que crece el fruto, sus bordes se tornan blanquecinas y esto afecta a la calidad de la fruta (Figura 77). Bajo condiciones de la selva, es una enfermedad de menor importancia. En ramillas menores a 2 cm de diámetro causa marchitez.

Figura 77. Síntomas de moho gris en flores y fruto de cítricos causados por *Botrytis cinnerea*.

Ciclo patogénico:

Botrytis cinérea, al ser un hongo saprófito, vive en los tejidos necrosados que permanecen en la planta, en la materia orgánica del suelo donde forma de esclerotes, esto sólo sucede en zonas donde las estaciones de invierno y verano son marcados. En el caso de cultivos perennes, permanecen como micelio en las grietas de la madera y en las yemas, como es el caso de los cítricos.

Cuando existe humedad, sobre el micelio se forman conidióforos ramificados que en su

extremidad producen cantidad de conídias, las cuales son diseminadas por el viento o la lluvia hacia nuevos tejidos en formación. La infección de los tejidos se produce mediante actividad de enzimas pectolíticas que maceran el tejido; sin embargo, las heridas mecánicas originadas por el viento e insectos son los más favorables para la infección.

Una vez que el micelio ha infectado, se forman sobre el tejido del hospedante, conidióforo y conídias que son reconocibles a simple vista por su aspecto de polvo gris; las conídias, son diseminadas por el viento e inician nuevos ciclos de infección, favoreciendo la formación continua y permanente de la fase asexual. En la Figura 78 se presenta el ciclo patogénico de *Botrytis cinerea* en cítricos.

En condiciones de temperaturas menores a 15°C (11 -13 °C), favorece la formación de esclerotes (estructura conservativa), puesto que, mantiene al hongo en el material vegetal muerto por la enfermedad. Cuando existan condiciones favorables, los esclerotes, geminan produciendo apotecio (fase sexual) y liberan ascosporas que inicia el primer ciclo de la enfermedad.

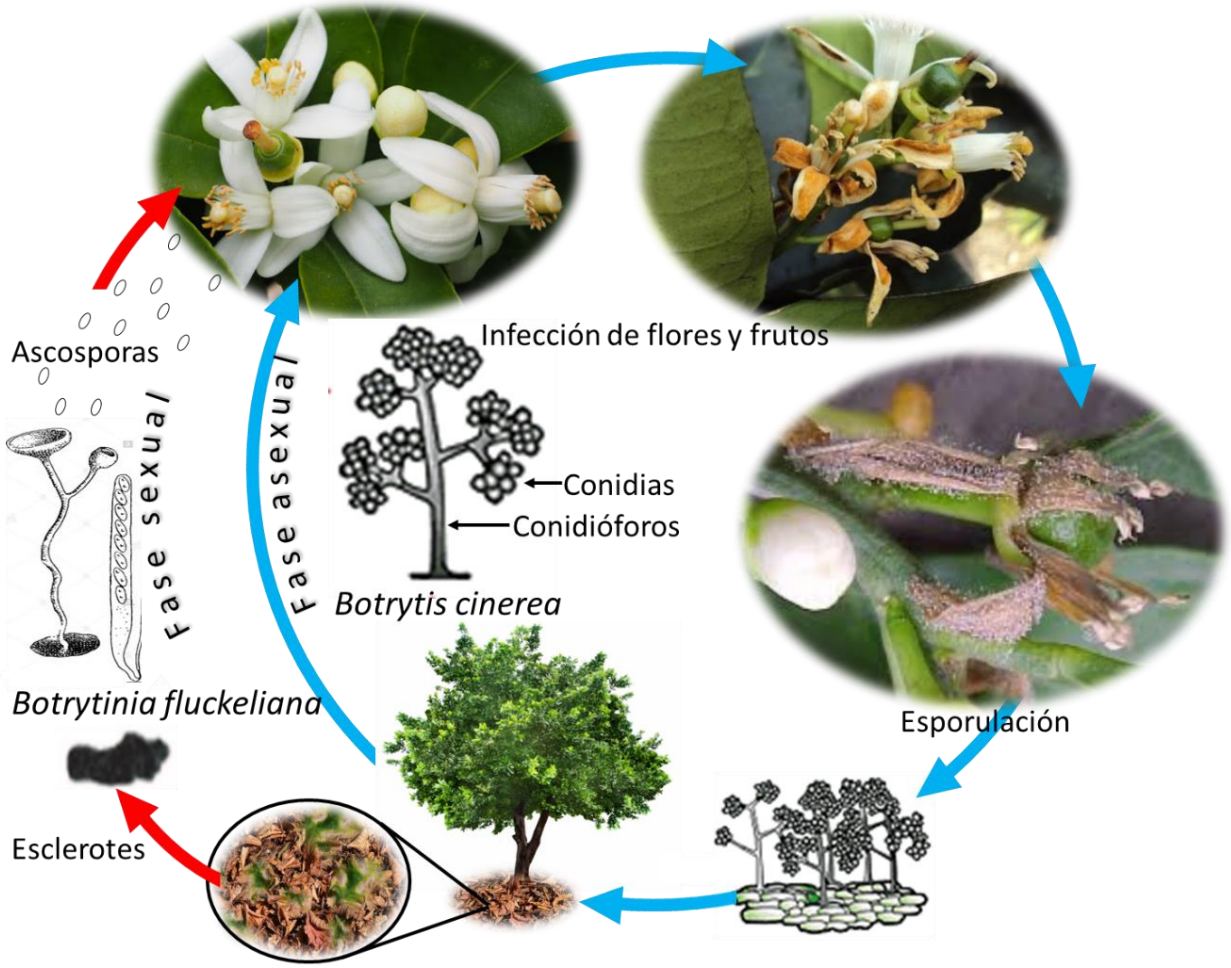


Figura 78. Ciclo patogénico de *Botrytis cinerea* fase asexual de *Botrytinia fluckeliana*.

Nombre de la enfermedad: "Aborto de flores y frutos" en granadilla

Agente causal: *Botrytinia fluckeliana.* Su fase asexual se encuentra *Botrytis cinerea.*

Tejidos que infecta: Brotes, flores y frutos

Síntomas:

En botones florales y flores causa su secamiento que permanece adherido a la planta. Sobre ella se forma abundante esporulación de color verde-gris. Los frutos cuajados y en crecimientos también son necrosados y se mantienen momificados en la planta con abundante esporulación (Figura 79).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Sclerotiniaceae

Género: *Botrytinia fluckeliana*

F. sexual: *Botrytis cinerea*

Figura 79. Síntomas de momificación de flores y frutos de granadilla causados por *Botrytis cinerea* fase asexual de *Botrytinia fluckeliana*.

Familia: Depranopezizaceae

Agrupa a dos géneros de importancia agronómica *Marssonina* y *Gloeosporium* .

Nombre de la enfermedad: "Marsonina" en Camucamu

Agente causal: *Diplocarpon* / *Depranopeziza*

Su fase asexual se encuentra en *Marssonina sp.*

Tejidos que infecta: hojas, brotes y frutos

Síntomas:

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Helotiales

Familia: Depranopezizaceae

Género: *Diplocarpon /Depranopeziza*

F. asexual: *Marssonina* sp.

En las hojas tiernas de los brotes, se manifiestan pequeñas hipertrofias cloróticas en el haz y envés. Las hipertrofias son más sobresalientes en el haz. Posteriormente, se necrosa formando acérvulos en la parte central. Las lesiones se unen y forman grandes áreas necróticas (Figura 80).

En los frutos causa cancros de borde suberificado y centro color pajizo, los síntomas son semejantes a los causados por *Colletotrichum* sp.

Figura 80. Síntomas causados por *Marssonina* sp. en hojas, brotes y frutos de camu camu.

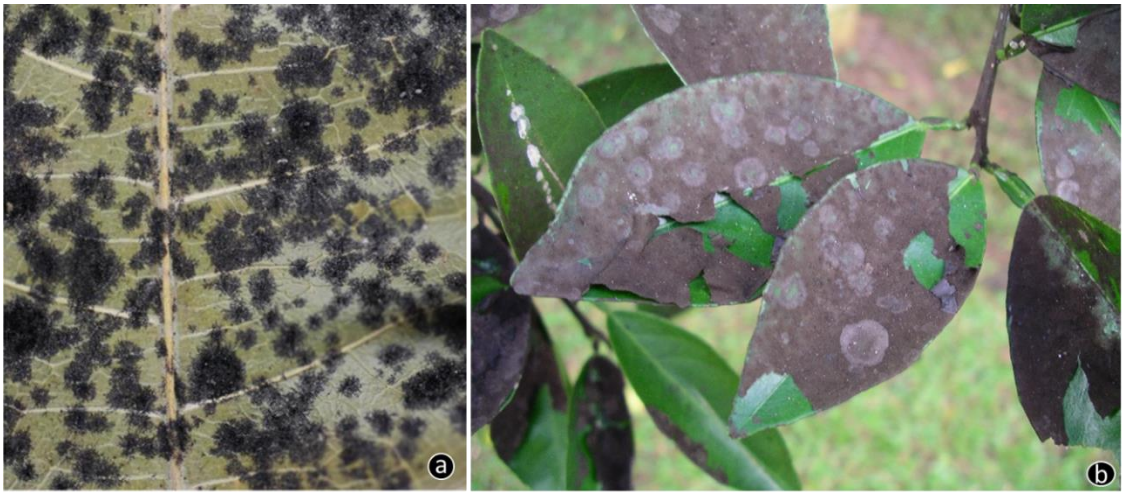
10.5 Clase: Sordariomycetes

10.5.1 Orden: Meliolales

Alberga a fitopatógenos conocidos como “oidiosis negros” por formar un recubrimiento pulverulento aterciopelado en la superficie del tejido al cual hospedan. Son a menudo, considerados como parásitos menores; sin embargo, son parásitos obligados de plantas superiores, fundamentalmente, de especies tropicales y algunos en zonas templadas. Sólo se ha observado la reproducción sexual (fase ascogena). Los Meliolales agrupan a dos familias Armatellaceae y Meliolaceae; siendo esta última la más importante desde el punto de vista fitopatológico.

Familia Melioliaceae

Una de las especies más representativas es el género *Meliolia* sp. que causa la enfermedad conocida como “mildiu negro” o “fumagina”. Una diferencia sustancial de este tipo de fumagina es que este se alimenta directamente del hospedante, mientras que la fumagina, agrupada en el orden de los Capnodiales, se alimenta de la sustancia azucarada secretada por los insectos picador-chupador (Figura 81).



Fumagina = Parasita de plantas Fumagina = No parasita de plantas

Figura 81. Signos causados por *Meliolia* sp. parasitando hojas de mango (a). Signo causado por *Capnodium* sp. alimentándose de la sustancia azucarada secretado por insectos picadores chupadores que colonizan hojas de cítricos (b)

Nombre de la enfermedad: "mildiu negro" o "fumagina".

Agente causal: *Meliola circinans* Earle.

Fase asexual: No se ha reportado

Tejidos que infecta: hojas, frutos y ramillas.

Síntomas: ejerce un parasitismo leve sobre los hospedantes a los cuales infecta, los síntomas no son muy evidentes; sin embargo, los signos (masa de hifas, ascocarpos y ascas) afectan la calidad fotosintética de las hojas y la calidad visual de la fruta. En la Figura 82, se muestra los signos presentados en hojas y frutos. causados por *Meliola* sp. en cítricos.

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Meliolales

Familia: Melioliaceae

Género: *Meliolia circinans*

Fase asexual: No reportado

Figura 82. Signos presentados en hojas y frutos de cítricos causados por *Meliola* sp.

Ciclo de vida

En la Figura 83, se muestra el ciclo de *Meliolia* sp.; se inicia cuando una ascospora germina y se adhiere a la hoja mediante su hifopodio; luego, forma un el haustorio que penetra al tejido del hospedante. Las hifas crecen radialmente adhiriéndose a la lámina foliar por sus hifopodios; asimismo, el crecimiento profuso de las hifas por la existencia de humedad se visibiliza como costras negras sobre la lámina foliar.

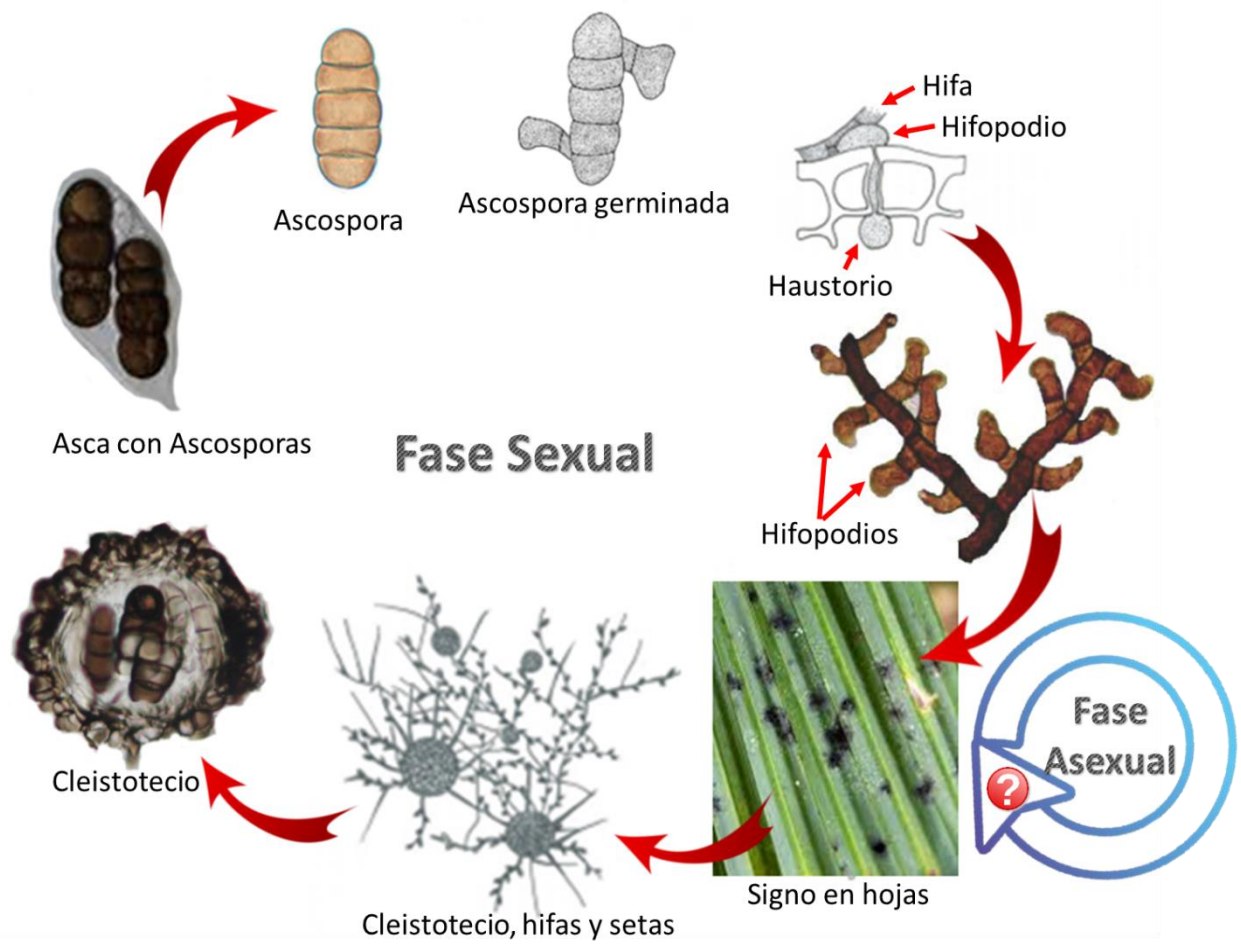


Figura 83. ciclo patogénico de *Meliolia* sp. Adaptado de Hongsanan et al. (2015).

10.5.2 Orden: Phyllachorales

El orden Phyllachorales contiene géneros de importancia económica y causan principalmente manchas foliares. Los peritecios pueden ser producidos en debajo de un tejido estromático, más o menos duro, que puede estar inmersa o semi inmersa en el tejido que se denominado *clypeus* (Figura 84) o formarse sin ese tejido estromático.

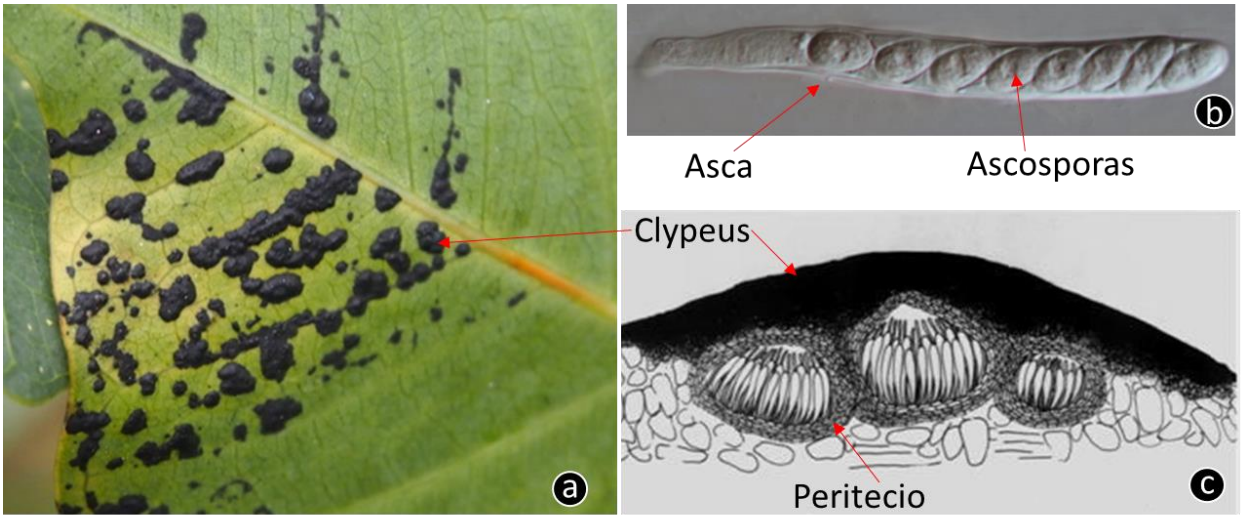


Figura 84. *Phyllachora sp.* (a) tejido estromático (clypeos) que en su interior contiene los peritecios. (b) asca y ascosporas. (c) corte de un tejido estromático donde se muestra los peritecios.

Familia: Phyllacoraceae

Estroma bastante desarrollado dentro del tejido del hospedante. Peritecio globoso, color negro. Ascas cortas de pared engrosada. Presencia de parafisas a manera de rosario. Ascosporas hialinas unicelulares. En esta familia se ubica fitopatógenos de importancia como *Phyllachora*.

Phyllachora sp.

Las especies de este género causan manchas foliares en diferentes especies de plantas. Entre las cultivadas destacan las gramíneas como el maíz, trigo, sorgo, caña y otros. Entre las especies forestales destacan Cedro y Caoba cuyos daños ocasionan la muerte de la planta, y también ocasionan pérdidas económicas en los viveros forestales tropicales de la selva peruana. Su fase conídica se encuentra en el género *Leptostromella*.

Phyllachora graminis (Pers. ex Fr.) Nitschke ex Fuckel. “Mancha negra del trigo”

Phyllachora maydis Maubl. “Mancha de asfalto del maíz”

Phyllachora balansae Speg. “Mancha negra del cedro y caoba”

Nombre de la enfermedad: “Mancha negra del cedro y caoba”.

Agente causal: *Phyllachora balansae* Speg. Su fase asexual se encuentra en L*eptostromella phyllachora* Grove.

Tejidos que infecta: hojas, pedúnculo, ramillas y brotes.

Síntomas:

La enfermedad se inicia en las hojas, pedúnculo y ramillas de los brotes con lesiones pequeñas decoloradas, las cuales posteriormente se transforman en manchas irregulares de más o menos 25-30 µm de diámetro de color marrón y, luego, adoptan un color marrón oscuro. Los peritecios se forman en pequeños clypeus de color negro que son visibles en ambos lados de la hoja. Cuando las lesiones son abundantes, las hojas se tornan cloróticas, defolian y causan la muerte de los brotes. Ataques severos de la pueden causar la muerte total de la plántula (Figura 85).

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Phyllachorales

Familia: Phyllachoraceae

Género: *Phyllachora balansae*

Fase asexual: L*eptostromella phyllachora*

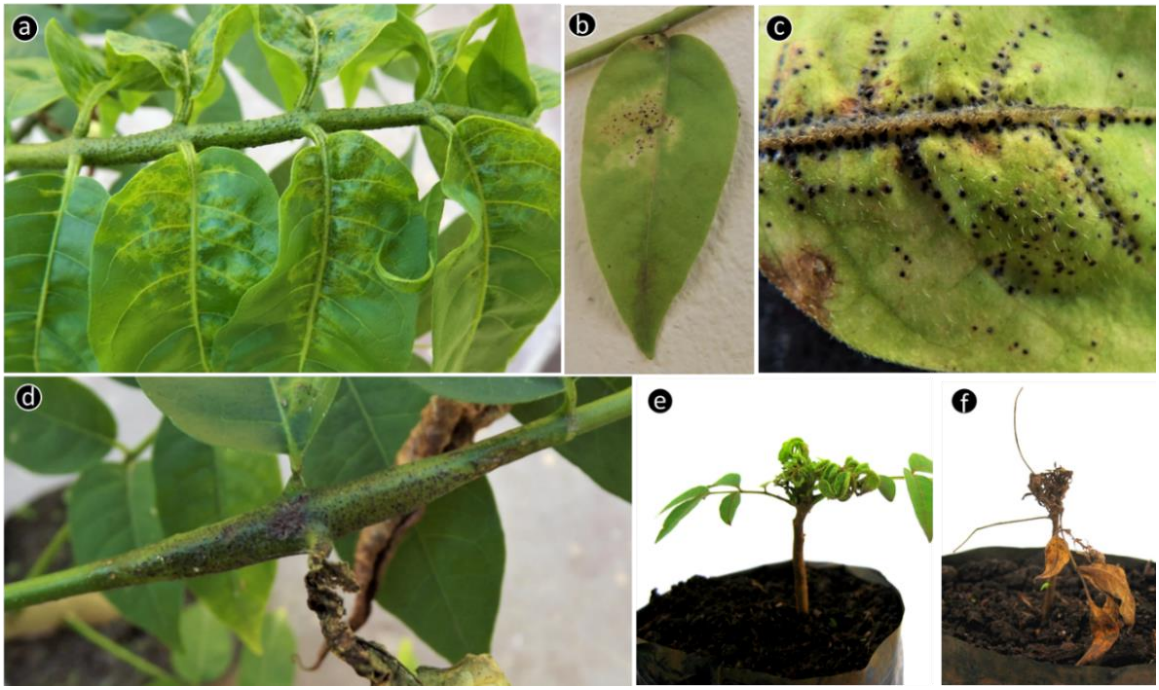


Figura 85. *Phyllachora balansae* en cedro. (a) manchas cloróticas y formación de puntos negros que corresponden a los estromas (clypeus). (b) manchas cloroticas y clypeus en al haz. (c) estromas en el haz y en vez de las hojas. (d) hipertrofia en ramas de las hojas. (e) hipertrofia y encarrujamiento de los brotes en plántulas. (f) muerte de la plántula.

10.5.5 Orden: Xilariales

Se han descrito 127 especies agrupadas en seis familias, de las cuales, la familia Xylaraceae es la más importante porque posee algunos fitopatógenos de importancia económica, como el género *Rosellinia* que causa pudrición de raíces en muchas especies agrícolas y forestales.

Familia Xylariaceae

La gran mayoría son hongos xilófagos, destructores de madera, crecen de manera saprofítica sobre troncos, sobre madera en descomposición, y viven también en el suelo sobre materia orgánica vegetal. En la mayoría de los casos sus peritecios pueden formarse en un cuerpo estromático con pedicelo que adopta formas, color y tamaño muy variado (Figura 86). El género *Rosellinia* no forma este tipo de cuerpo estromático.

Figura 86. Cuerpos estromáticos formados por diferentes especies del género *Xylaria*; en su interior se encuentran cientos los peritecios. *Xylaria* es un habitante natural de los bosques de la selva peruana.

Rosellinia sp.

Afecta alrededor de 170 especies de plantas ubicadas en 63 géneros. Causa la enfermedad conocida como "pudrición negra de la raíz", “Pie negro” o “llaga estrellada” en diferentes cultivos. Afecta, inicialmente todo el sistema radicular de la planta y, posteriormente, el cuello del tallo, hasta causar la muerte.

El micelio se forma en la superficie de las raíces, en forma de una costra negra de aspecto carbonoso, sobre los cuales se forman peritecios en forma agregada simples, subesféricos, de hasta 1 mm de ancho y altura, de color pardo-negruzco, consistencia carbonácea (Figura 87). El número de ascosporas es 8. Su fase conídica se ha identificado en el género *Dermathophora* sp. En este caso, la fase ascógena es la más importante desde la punta de vista epidemiológico de la enfermedad.

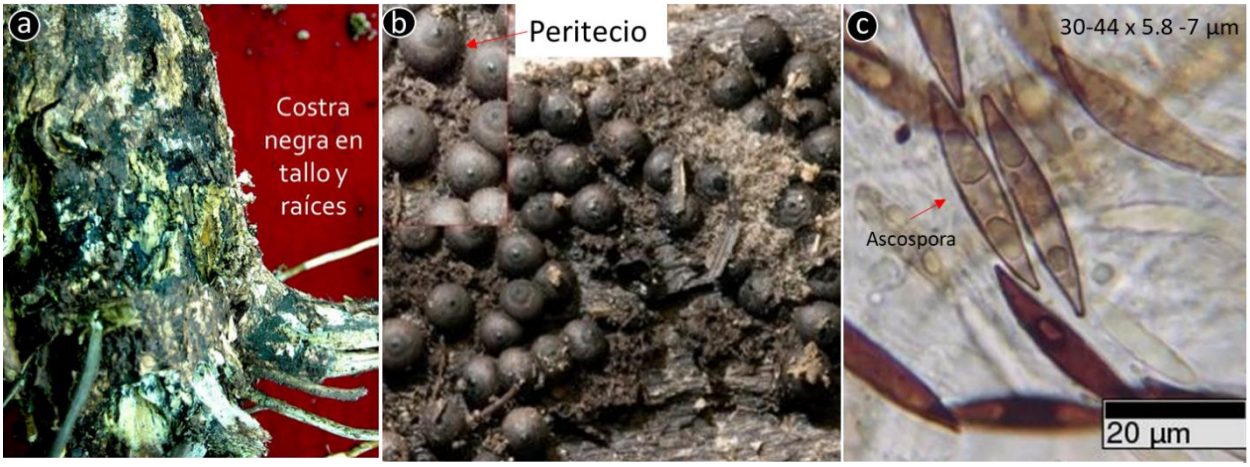


Figura 87. *Rosellinia necatrix* en café. (a) estroma de rizomorfos (b) peritecios formados sobre los rizomorfos. (c) ascosporas. Foto central y derecha fueron obtenidos de: http://pyrenomycetes.free.fr/rosellinia/htmlphot/R_necatrix_JFM9335_macro2_JFM.htm

En el Cuadro 6, se presenta las principales especies de *Rosellinia* que afectan a cultivos tropicales. En los hongos pleomórficos, la regla es que la fase asexual es la más infectiva, en este caso la fase sexual es la más infectiva como en el caso del "mal de machete" en cacao.

Cuadro 6. Principales especies de Rosellinia y su rango de hospedantes.

Caracteristicas	*R. bunodes* *R. pepo* *R. necatrix* *R. arcuata*	*R. pepo*	*R. necatrix*	*R. arcuata*
Fase conídica	*Dermathophora* *Nodulosporium* *Sporothrix*	*Dermathophora*	*D. necatrix*	*Dermathophora*
Rango de hospedantes	Cacao, café, palto, cítrico, banano, yuca, te, Erythrina y otros	Cacao, café, palto, banano y otros	Café, palto, manzana, vid y otros	Principalmente te.
Nombre de le enfermedad	"Pie negro"	"Pie negro"	"Pie negro"	"Pie negro"

Los síntomas secundarios de amarillamiento, muerte regresiva, marchitez y muerte de la planta, que fueron ocasionados por *Rosellinia,* son semejantes a los causados por otros patógenos que afectan la raíz, tallo, haces vasculares o enfermedades abióticas como estrés hídrico o nutricional; por ello, es importante observar los signos de la enfermedad en la raíz, para concluir como agente causal de daño a *Rosellinia* (Figura 88 y 89).

Nombre de la enfermedad: “Pie negro” en café

Agente causal: *Rosellinia necatrix* Prill.

Su fase asexual se ha identificado como *Dermathophora necatrix*; esta fase no tiene importancia en la epidemiología de esta enfermedad.

Tejidos que infecta: raíces y tallo a nivel de cuello de planta.

Síntomas:

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Xylariales

Familia: Xylariaceae

Género: *Rosellinia*

F. asexual: *Dermathophora*

Los síntomas iniciales de la enfermedad se presentan en las raíces y en el cuello de planta en los que se observa un crecimiento micelial de color marrón oscuro a casi negro con márgenes claros. Este crecimiento micelial se entremezcla para formar una masa carbonosa, de superficie lanosa (Figura 88 y 89). En este estado causa la pudrición de las raíces y tallo.

Figura 88. *Rosellinia necatrix* en café. (a) marchitez de planta de café. (b) en cuello de planta rizomorfos externos en proceso de formación.

En la parte aérea de las plantas afectadas, se puede observar amarillamiento, marchitez generalizada, muerte regresiva de ramillas y ramas, las hojas se secan en forma repentina y caen rápidamente; lo mencionado sucede como consecuencia de la falta de absorción de agua y de nutrientes por las raíces (Figura 89-a, 90-a y b).

La enfermedad se presenta en plantas de diferentes edades, desde el trasplante hasta en plantas adultas. Su presencia en plantas jóvenes está relacionada con aquellas áreas en las que han quedado “tocones” de árboles talados (Figura 90-c) que, posiblemente, hayan tenido el hongo. La infección ocurre cuando la raíz enferma entra en contacto con otra que está sana y, como consecuencia, la dispersión de la enfermedad se da en forma radial a partir del punto de infección inicial (Figura 92).

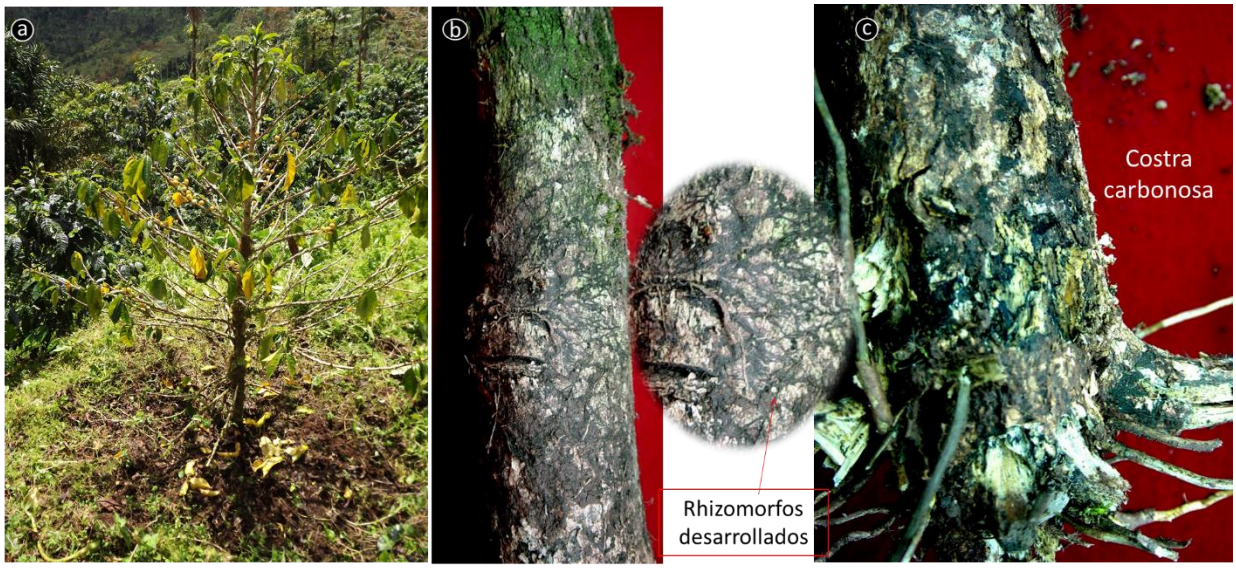


Figura 89. *Rosellinia necatrix* en café. Síntomas avanzados de marchitez (a). Signos caraterísticos de le enfermedad en el tallo y raíces (b).

Figura 90. Síntomas de marchitez y amarillamiento en plantas de café afectados *Rosellinia necatrix*

Nombre de la enfermedad: “Pie negro” en cacao

Agente causal: se reporta como agentes causales a dos especies.

Rosellinia pepo Pat. y *Rosellinia bunodes* (Derk. & Dr.) Sacc.

Estas dos especies tienen un número restringido de hospedantes, pero atacan numerosos cultivos y árboles como palta, plátano, café, limón y papa.

Su fase asexual se encuentra en *Dermathophora*

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Xylariales

Familia: Xylariaceae

Genero: *Rosellinia pepo / R. bunodes*

F. asexual: *Dermathophora*

Tejidos que infecta: Cuello de planta y raíces

Síntomas: las plantas presentan síntomas y signos muy similares a los causados por *Armillaria mellea* (Basidiomycota), como amarillamiento foliar, marchitez, y muerte rápida del árbol, las hojas se quedan adheridas a las ramas; posteriormente se presenta paloteo, secamiento de las ramas y, finalmente, la muerte de la planta. Al examinar las raíces primarias, se observa sobre la superficie una costra carbonosa y al separar la corteza del leño, se observa abundante cantidad de rizomorfos de color blanco (Figura 91-f).

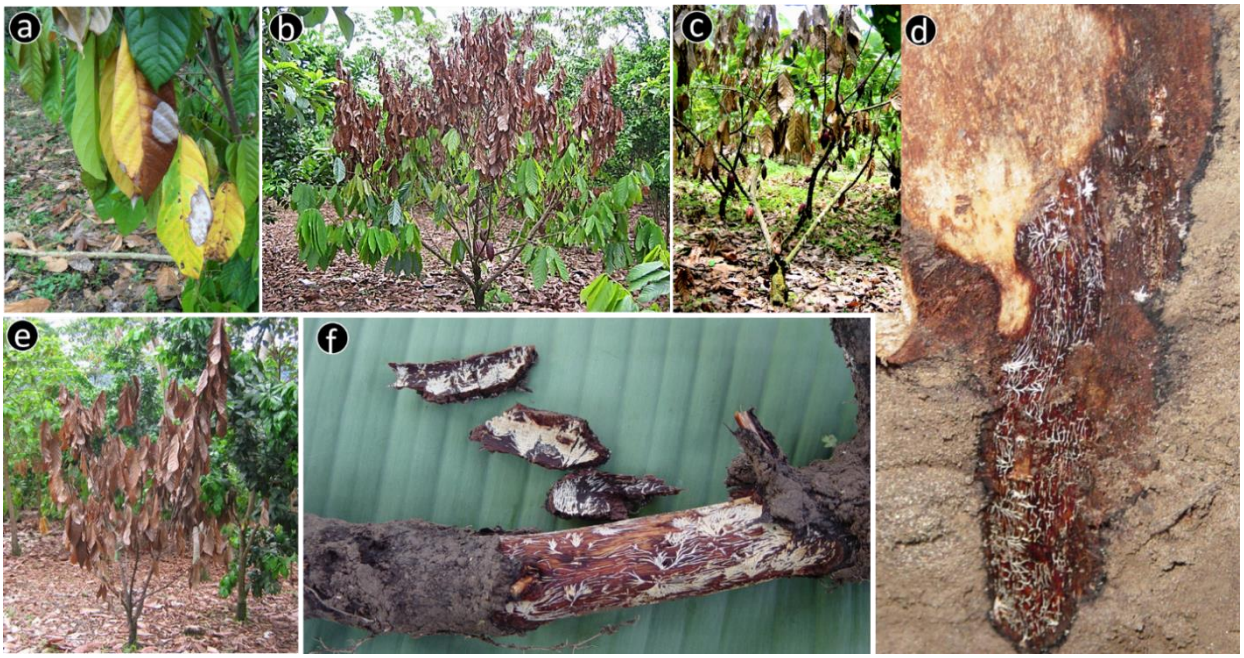


Figura 91. Síntomas y signos producidos *Rosellinia pepo* en cacao. Marchitez (a). Secamiento de ramillas y ramas (b). Planta muerta (c y e). Formación de rizomorfos en la parte interna de la corteza y leño de tallo y raíces.

Ciclo patogénico:

Rosellinia es un habitante natural del suelo, cuyo parasitismo es ocasional, se desarrolla mejor en suelos húmedos y alto contenido de materia orgánica o en restos de raíces infectados, en todos estos tejidos se mantiene como micelio y son las principales fuentes de inoculo.

En la Figura 92, se describe su ciclo patogénico. La infección se realiza por las raíces, a través de la germinación y penetración de las ascosporas; sin embargo, la forma más común es por la infección de las raíces que tienen contacto con el micelio, que se desarrolla en la materia orgánica, o con las raíces de árboles infectados, que sobreviven en los tocones de los árboles, que formaron parte del bosque natural antes de que se habilitara la plantación de cacao.

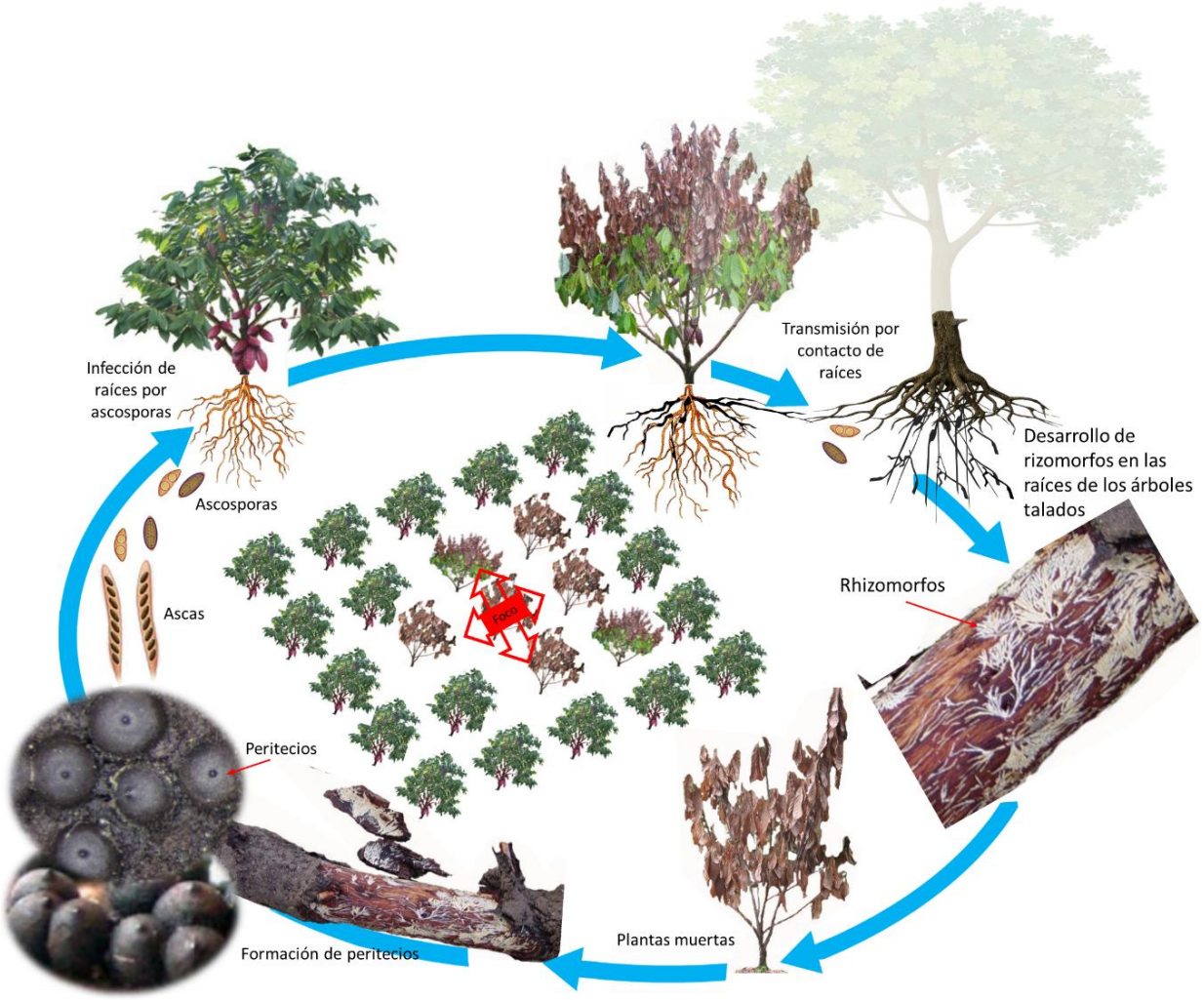


Figura 92. Ciclo patogénico de *Rosellinia pepo* en cacao.

La diseminación de la enfermedad dentro de una plantación se da principalmente por el contacto de las raíces enfermas con las sanas; distribuyéndose en forma radial a partir del foco de infección.

Otra forma de propagación de la enfermedad se da a través de la diseminación de las ascosporas liberadas de los peritecios formados sobre el estroma micelial existente sobre la superficie de las raíces infectadas. Las ascosporas son trasportadas por el viento y son depositados en el suelo circundante a las raíces de nuevas plantas colonizar la materia orgánica o infectar directamente por las heridas mecánicas generadas por las labores culturales. La fase asexual no es importante en el desarrollo epidémico de esta enfermedad.

El género *Xylaria* sp. es, generalmente, un hongo xilófago que causa la pudrición de la madera de muchas especies forestales.

Xylaria polymorpha	Común sobre madera en descomposición.
Daldinia concentrica	Descompone madera de árboles en pie o talados.

10.5.6 Orden: Hypocreales

Son un amplio grupo de hongos, que incluyen alrededor de 240 géneros y aproximadamente 2 700 especies, aunque puede haber hasta 5 000 especies. Sus peritecios (raramente cleistotecios), se caracterizan por tener colores brillantes y son los más vistosos de los ascomycotas. Se han descrito 07 familias de los cuales destacan Hipocreaeae, Nectriacaeae, Clavicipitaceae y Cordycipitaceae.

Familia: Hypocreaceae

Agrupa a 22 géneros y aproximadamente a 454 especies. Desde el punto de vista fitopatológico, destaca el género *Hypocrea* por ser el estado sexual del género *Trichoderma*.

Trichoderma es una habitante natural de todos los ecosistemas y es el agente de biocontrol más empleado por parasitar a una amplia gama de hongos fitopatógenos de importancia, tales como: *Fusarium oxysporum, Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia* spp., *Pythium* spp. *Phytophthora* spp., *Alternaria* spp., *Rosellinia* sp. entre otros.

Trichoderma

El género Trichoderma es un hongo de hábito saprofítico, de crecimiento muy rápido, alta habilidad para sobrevivir bajo condiciones ambientales desfavorables, eficiencia en la utilización de nutrientes, capacidad para modificar la rizósfera, alta agresividad contra hongos fitopatógenos, eficiencia en promoción del crecimiento e inducción de mecanismos de defensa de las plantas que crecen circundantes al nicho que coloniza

este hongo. Las especies más destacadas son: *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum, Trichoderma asperellum, Trichoderma reesei* y otros. Son considerados como los hongos de mayor éxito en el control biológico de hongos fitopatógenos (Figura 93).

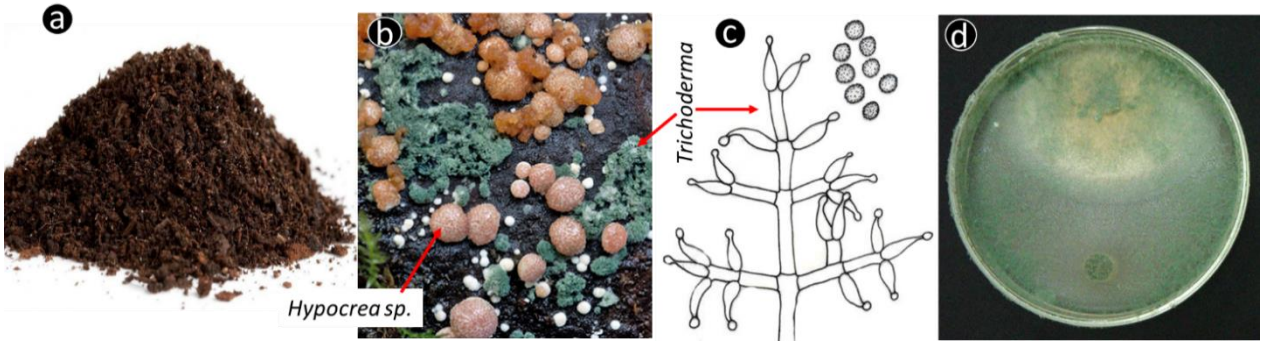


Figura 93. El género *Trichoderma* es un habitante natural en la materia orgánica del suelo (a). Signos en la fase sexual (Hypocrea) y fase asexual (*Trichoderma*) (b). Morfología de T*richoderma* (c). Antagonismo de *Trichoderma* in vitro sobre *Moniliophthora*

Mecanismos de control de Trichoderma.

Competencia: al poseer una alta tasa de crecimiento micelial y conidias, coloniza rápidamente el nicho donde se desarrolla, compitiendo por espacio y nutrientes con los patógenos habitantes del suelo.

Antibiosis: tiene la capacidad de producir compuestos orgánicos volátiles y no volátiles, que juegan un papel importante en la inhibición del crecimiento y en el desarrollo de los fitopatógenos.

Micoparasitismo: tiene la capacidad de enrollarse a las hifas de los hongos fitopatógenos y mediante la secreción de enzimas (quitinasas, glucanasas, pectinasas, proteasas), llega a matarlos y alimentarse de ellos.

Inducción de resistencia: al desarrollarse en la rizosfera, liberan compuestos que inducen a las plantas a producir compuestos antifúngicos que le permiten resistir mejor el ataque de los fitopatógenos.

Promotor de crecimiento: *Trichoderma,* dentro de su metabolismo secundario, produce hormonas que facilitan el desarrollo de un buen sistema radicular que permite a la planta a explorar una mayor zona de absorción de nutrientes, lo cual se traduce en un mayor desarrollo de la biomasa de la planta. En la Figura 94, se grafica los mecanismos de biocontrol ejercida por *Trichoderma*.

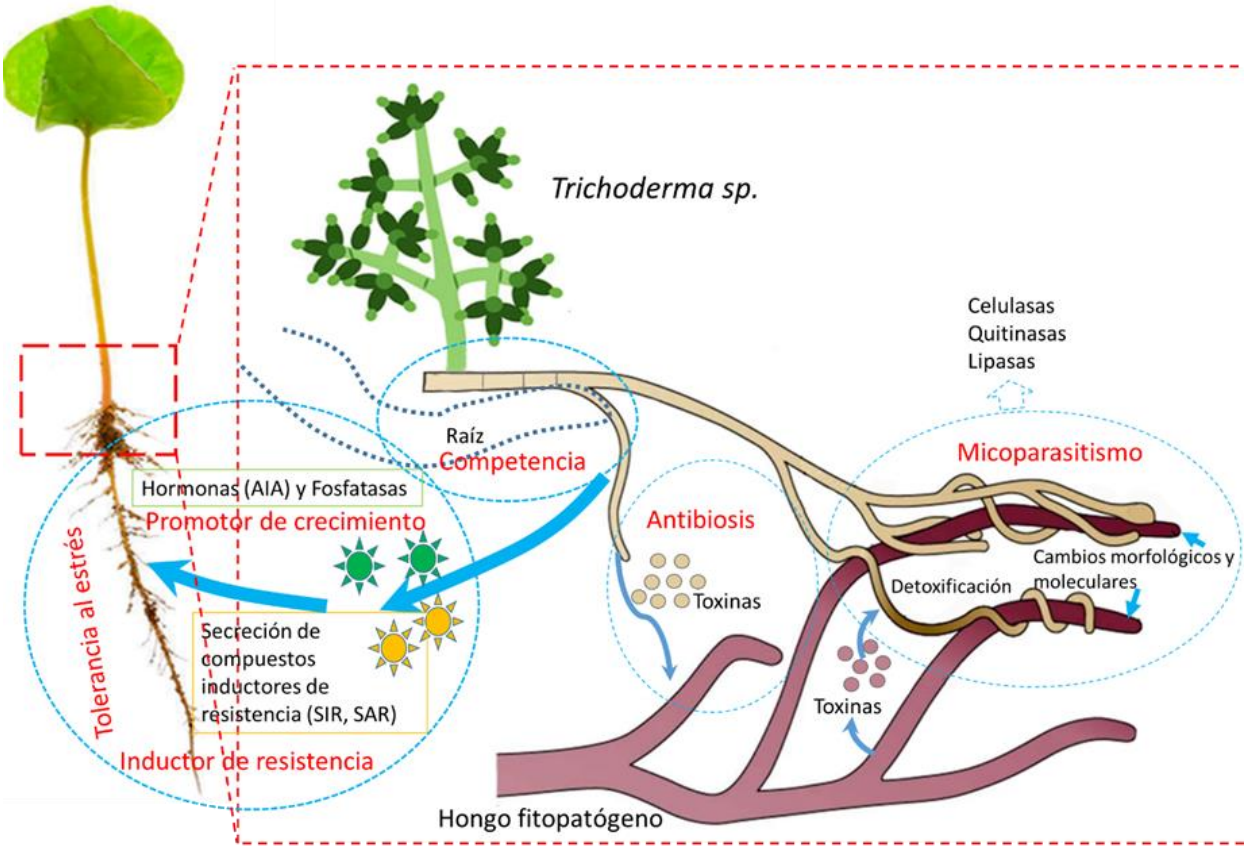


Figura 94. Mecanismos de bicontrol de *Trichoderma.* Efecto en el fitopatógeno y planta. Modificado a partir de: Druzhinina et al., 2011.

Familia: Nectriaceae

Son reconocidos por los colores brillantes de sus peritecios, destaca el color amarillo, naranja o rojo, son los más vistosos de los ascomycotas (Figura 95). Agrupa a unos 57 géneros y aproximadamente 647 especies, de los cuales son importantes los géneros *Nectria*, *Gibberella*, *Albonectria* y *Neocosmospora.*

Albonectria rigidiuscula (Berk. & Broome) Rossman & Samuels. Causa la enfermedad "Buba" o "agalla" en cacao. Su fase asexual corresponde a *Fusarium decemcellulare .* En el Perú es una enfermedad que conforme se van incrementando las áreas productivas, se incrementando su presencia; sin embargo, sucede en incidencias muy bajas que todavía no significan niveles de daño económico.

Nectria cinnabarina (Tode) Fr. Causa cancros en árboles. Su fase asexual corresponde a *Tubercularia vulgaris* Tode.

Nectria haematococca Berk. & Br. Berk. & Br. Produce pudriciones radiculares en diferentes cultivos. Su fase asexual corresponde a *Fusarium solani.*

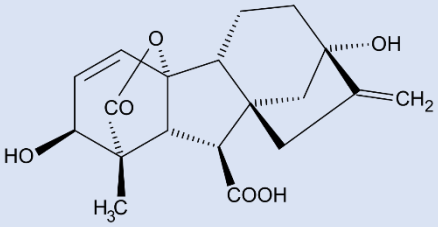
Figura 95. Peritecios de *Nectria*, son considerados los más bonitos por sus colores muy brillantes.

Gibberella fujikuroi

Este género causa enfermedades en arroz y en maíz. Sobre las zonas infectadas del arroz, se produce una secreción inducida por el hongo que ha sido identificado como Geberilina A. Las giberelinas son fitohormonas biológicamente activas, actúan como reguladores esenciales del desarrollo de las plantas y cubren todos los aspectos de la vida de las plantas; de esta manera, modulan varias respuestas del crecimiento como la germinación de semillas, el crecimiento del tallo, la partenocarpia, la expansión foliar, la elongación de la raíz, la floración y la liberación de enzimas hidrolíticas en algunos tejidos.

Características	*Gibberella fujikuroi*	
Fase conídica	*Fusarium fujikuroi*	*Fusarium moniliforme*
Rango de hospedantes	Arroz	Maíz
Nombre de la enfermedad	“El bakane”	“pudrición de mazorcas”

Gibberella fujikuroi se cultiva en biorreactores con una buena fuente de carbono, nitrógeno y otros nutrientes necesarios para su crecimiento. Tras unos 7 días a 28 ºC y en agitación, se purifica el ácido giberélico que ha sido producido como metabolito secundario.



Nombre de la enfermedad: “Bakanae” en arroz.

Bakanae es una palabra japonesa que significa "tonta plántula", la cual evoca a su crecimiento exagerado, granos vanos y por lo que la planta se muere por no soportar su propio peso.

Agente causal: *Gibberella fujikuroi* (Saw.) Wr. La enfermedad es normalmente causada por *Fusarium fujikuroi* (=*F. moniliforme*), que es la fase asexual de *Gibberella fujikuroi.*

Tejidos que infecta: Tallos y espiga.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Gibberella fujikuroi*

F. asexual: *Fusarium fujikuroi*

Síntomas: el síntoma típico es la elongación excesiva de la planta por efecto de la fitohormona giberelina producido por el patógeno; en los tallos se produce una hiper elongación de los entrenudos (Figura 96), posteriormente, causa la pudrición del tallo a nivel del cuello. En las hojas causa clorosis, en la panícula se forman granos estériles o granos manchados afectando severamente los rendimientos. La diseminación de la enfermedad se da principalmente por una semilla infectada o suelo contaminado. Oficialmente, esta enfermedad no está reportada para la selva peruana.

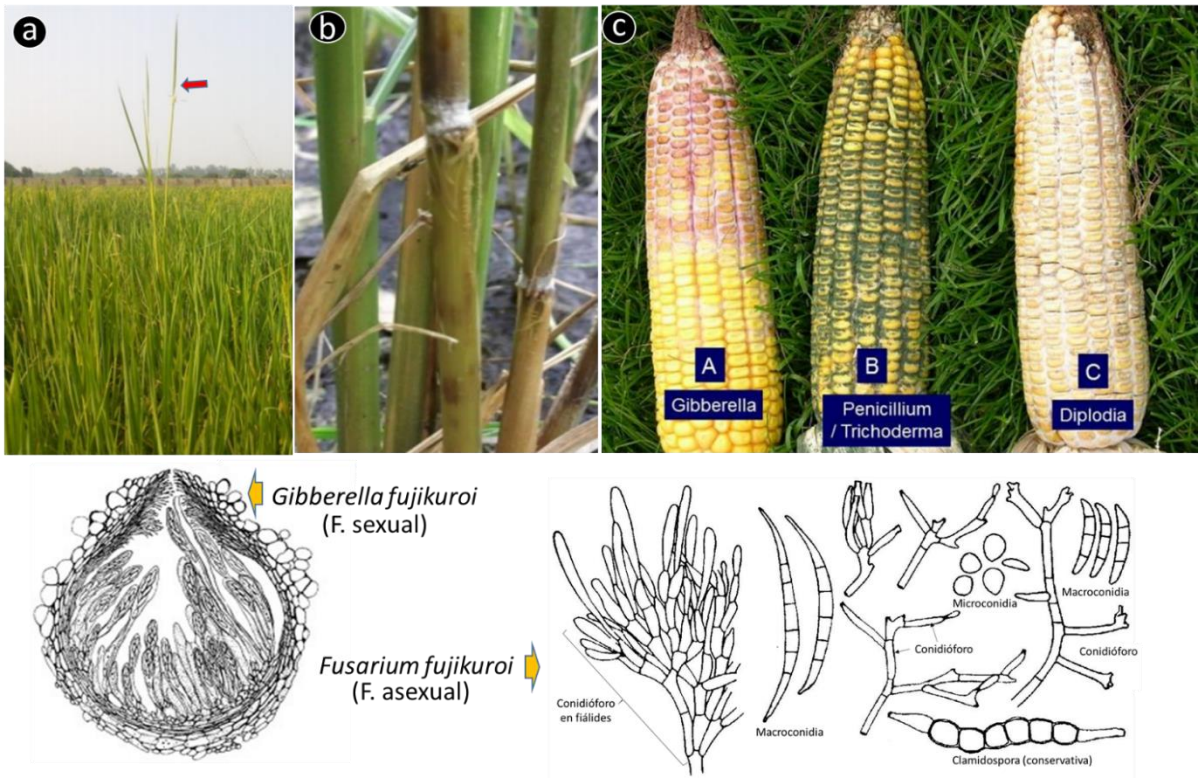


Figura 96. Síntomas de la enfermedad del “Bakanae” en arroz. Etiolamiento (a). Necrosamiento del tallo (b). Síntomas diferenciados de pudrición de la mazorca del maíz causado por Giberella y otros hongos (c). Tomado de: (a y b) Sachin et al. (2019) y (c) https://www.no-tillfarmer.com/articles/6115-identifying-and-quantifying-corn-ear-rots

Nombre de la enfermedad: “Buba” o “agalla” en cacao.

Agente causal: *Albonectria rigidiuscula* (Berk. & Broome) Rossman & Samuels.

Su fase asexual corresponde a *Fusarium decemcellulare* Brick.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Albonectria rigidiuscula*

F. asexual: *Fusarium decemcellulare*

Tejidos que infecta: Cojines florales.

Síntomas:

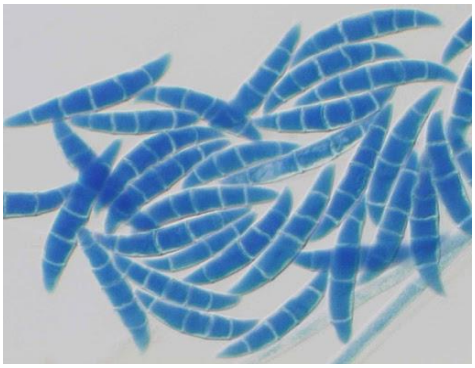
Produce hipertrofias o agallas en los cojines florales, fomando una gran cantidad de brotones florales de pedúnculos muy pequeños que no llegan a desarrollarse, lo que afecta la fructificación (Figura 94). Algunas agallas se asemejan a las causadas por la escoba de bruja; sin embargo, en esta última los pedúnculos de la flor son más alargadas y las flores, por lo general, se abren. Se debe evitar la propagación de las plantas enfermas; mientras que, las plantas muy dañadas deben ser eliminadas totalmente.

Figura 94. Agallas causadas por *Albonectria rigidiuscula* en cojines florales de cacao

Género: Fusarium

Fusarium es un habitante natural de todos los suelos del mundo. La mayoría de las especies son saprófitas y las otras causan enfermedades en plantas y animales. Se han descrito alrededor de 100 especies. Las enfermedades causadas en plantas se caracterizan por producir marchitez, tizones y pudriciones en más de 80 cultivos de importancia comercial.

Este hongo tiene la capacidad de sobrevivir por largos periodos en el suelo gracias a la formación de estructuras conservativas denominadas clamidosporas, lo que vuelve inefectiva la rotación de cultivos a corto plazo.



Macroconidias de Fusarium

Principales especies de Fusarium que causan enfermedades en cultivos

Fusarium solani "Chupadera y pudriciones radiculares en diferentes cultivos.

Fusarium moniliforme "Pudrición de la mazorca del maíz"

*Fusarium oxysporum, c*ausa marchitez vascular en muchos cultivos como: tomate, algodón, esparrago, melón, clavel, banano y plátano, coca, palma aceitera.

Nombre de la enfermedad: "Chupadera fungosa" en varios cultivos

Agente causal: *Nectria haematococca* Berk. & Br. Berk. & Br.

Su fase asexual corresponde a *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

Tejidos que infecta: Semillas y tallos de plántulas

Síntomas:

La chupadera fungosa, o damping off, es una enfermedad que se presenta en camas de almácigo de todos los cultivos; la chupadera como sintoma, se asocia no solo con Fusarium, sino a otros como *Rhizoctonia*, *Pythium* entre otros Los síntomas directos se expresan con un necrosamiento a un lado del cuello de planta; posteriormente, se extiende hasta rodearlo completamente causando la volcadura de la plántula y finalmente la muerte (Figura 95). Esta enfermedad se presenta con mayor incidencia en viveros con excesiva humedad, sombra, baja fertilidad y valores de pH ácidos.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Nectria haematococca*.

F. asexual: *Fusarium solani*

Existen dos tipos de chupadera, (i) la pre emergente, que causa la pudrición de semillas o la muerte de la plántula antes que alcance la superficie del suelo; mientras que, la (ii) post emergente, ocurre después de la emergencia al causar necrosamiento y estrangulamiento del cuello de la plántula (Figura 95).

Figura 95. Síntomas de chupadera en plántulas de café causado por *Fusarium solani* fase asexual de *Nectria* sp.

Ciclo patogénico:

La mayoría de las especies de *Fusarium* solo producen conídias (fase asexual) como estructuras propagativas y clamidosporas como estructuras conservativas, las cuales pueden permanecer por varios años en el sustrato y en los residuos de plantas infectadas, por ello es importante el uso de suelo no contaminado para los viveros.

La infección primaria puede ocurrir a partir de la germinación de las conídias o clamidosporas, presentes en el suelo o en las semillas contaminadas. Otra forma de contaminación es el agua de riego. Las conídias al germinar, penetran a través de las heridas naturales que se generan en las raíces; sin embargo, las heridas causadas por nematodos tienen mayor impacto en el desarrollo de esta enfermedad. Producida la infección y desarrollado el síntoma necrótico, se produce sobre ellas micelio y conídias, que inician nuevos ciclos de infección a las plantas vecinas. La fase sexual (*Nectria* sp.) es menos frecuente, su formación no contribuye de forma significativa en el desarrollo de esta enfermedad. En la Figura 96 se describe gráficamente el ciclo patogénico en plántulas de café.

***Fusarium oxysporum* (Foc)**

Foc, causa marchitez vascular, siendo una enfermedad sistémica en muchos cultivos. Esta especie de Fusarium se subclasifica en formas especiales (formae specialis) que se simboliza como *f. sp.* y denota la especificidad sobre un hospedante. La especificidad es un carácter de coevolución entre el patógeno y el hospedante. Las formas especiales se pueden subdividir en razas, las cuales poseen la habilidad de infectar en forma específica a alguna variedad o cultivar. Se conocen más de 120 formas especiales, no se ha reportado su fase sexual. Causa marchitez vascular en plátano, tomate, algodón, tabaco, palma aceitera, melón, papa, ají, clavel, espárrago entre otros.

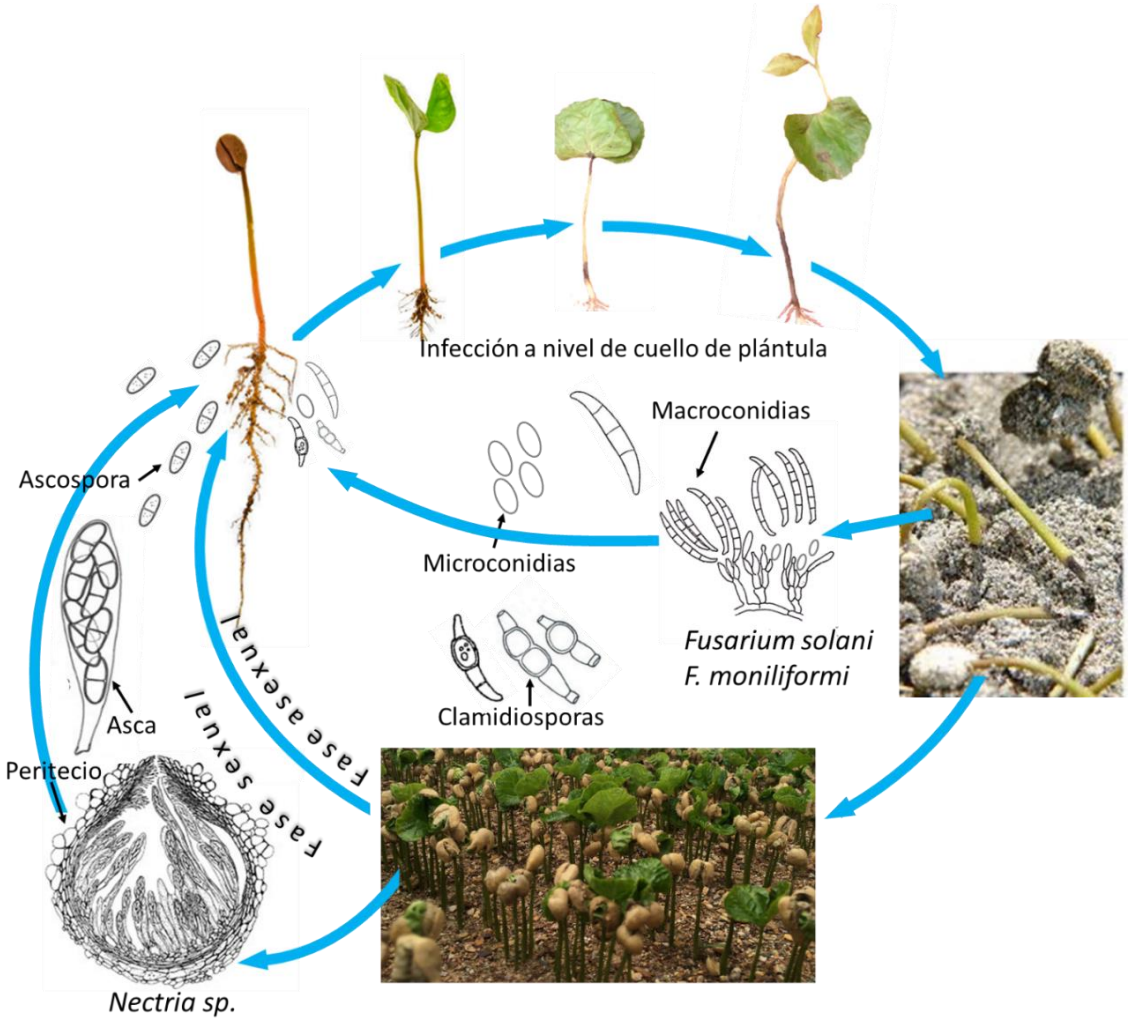


Figura 96. Ciclo patogénico de *Fusarium solani* fase asexual de *Nectria haematococca* en plántulas de café.

A continuación, se citan las formas especiales de mayor importancia en los cultivos:

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense*	“Mal de Panamá" en plátano y banana
Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*	“Marchitez del tomate"
Fusarium oxysporum f. sp. erythroxylii	“Marchitez de la coca"
Fusarium oxysporum f. sp. *passiflorae*	“Marchitez en granadilla”
Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum	“Marchitez del algodonero"
Fusarium oxysporum f. sp. elaides	“Marchitez de la palma aceitera"
Fusarium oxysporum f. sp. *zingiberi*	“Marchitez en kion”
Fusarium oxysporum f. sp. *cucumerinum*	“Marchitez en cucurbitáceas”

Nombre de la enfermedad: "Mal del Panamá" en plátano

Agente causal: *Fusarium oxysporum* Schltdl.:Fr. f. sp. *cubense* (E. F. Sm.) W. C. Snyder & H. N. Hansen.

Su fase sexual no ha sido reportada, pero se cree que se encuentre el género *Nectria* o *Giberella* sp.

Presenta cuatro razas de Foc, de los cuales tres son patógenos de plátanos.

La **raza 1:** infecta a "Gros Michel" (AAA) y plátanos de genoma AAB.

La **raza 2:** es patogénico de plátanos de cocción (ABB) y algunos bananos tretraploides (AAAA).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: No reportado

F. asexual: *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*

La **Raza 3:** es patogénico de *Heliconia* spp. Reportado en Colombia, Costa Rica, Honduras, y Panamá.

La **Raza 4:** se le ha denominado como Foc R4T (raza 4 tropical), por haberse reportado en Taiwán, en 1990, afectando cultivares Cavendish. En América Latina, se encuentra registrado en Colombia desde de julio del 2019. Constantemente, se menciona que esta raza infecta a plátanos y Heliconias; además, se especula que la Raza 4 pudo haber coevolucionado a partir de la Raza 1. En el Perú y en la selva peruana, el mal de Panamá se encuentra asociados a las razas 1 y 2, mientras que la raza R4T es cuarentenario.

Figura 97. Avisos de alerta sobre FOC RT-4 en Colombia (ingresó en julio 2019) (a). En Perú es una enfermedad cuarentenaria (hasta septiembre 2020) (b).

Síntomas:

Las plantas son afectadas en cualquier etapa del desarrollo, desde los hijuelos hasta plantas en plena producción. El primer síntoma visible se presenta en las hojas de mayor desarrollo (bajeras), causando su doblamiento a partir de la base del pedúnculo por la pérdida de turgencia a consecuencia del necrosamiento del xilema. En la lámina foliar se observa clorosis (Figura 98 y 99).

Figura 98. Síntomas de amarillamiento (a) y colapso de las hojas (b) por la rajadura del pseudotallo causado por FOC en el cultivar Isla.

Figura 99. Síntomas de estrías necróticas en los haces vasculares de los pedúnculos de las hojas colapsadas. Esta es una forma de diagnóstico rápido de la enfermedad sin necesidad de realizar cortes en el Pseudotallo.

En la lámina foliar se presenta clorosis en los bordes, que avanza a la nervadura central hasta colgarse al pseudotallo (Figura 98-b y 99-a). En las variedades susceptibles, las hojas jóvenes se marchitan rápidamente y, en menos de dos días, se doblan. La hoja bandera es la que resiste el avance de la enfermedad, permaneciendo erecta; en este estado, la planta produce vigorosos hijuelos que no muestran ningún tipo de síntoma.

Al inicio de los síntomas en las hojas, puede observarse la ruptura longitudinal de las brácteas en el pseudotallo (Figura 100-a); en síntomas avanzados, el pseudotallo se dobla y cae. El rizoma no muere rápidamente porque los hijuelos infectados sistémicamente, no muestran ningún síntoma hasta antes o pasado la floración; los racimos, en el caso de llegar a producirse, son pequeños y de baja calidad. En los frutos no se muestra ningún síntoma que caracterice a la enfermedad.

Al realizar un corte transversal del pseudotallo, en los haces vasculares, se presentan estrías necróticas que van desde el color marrón-rojizo (parte más externa) a crema amarillento (parte interna). En estados avanzados, los haces vasculares afectados, cambian a un color purpura negro (Figura 100); asimismo, estos síntomas también se presentan en el pedúnculo de las hojas (Figura 99-b y c). En el sistema radicular, los pelos absorbentes y las raíces secundarias se notan necrosados.

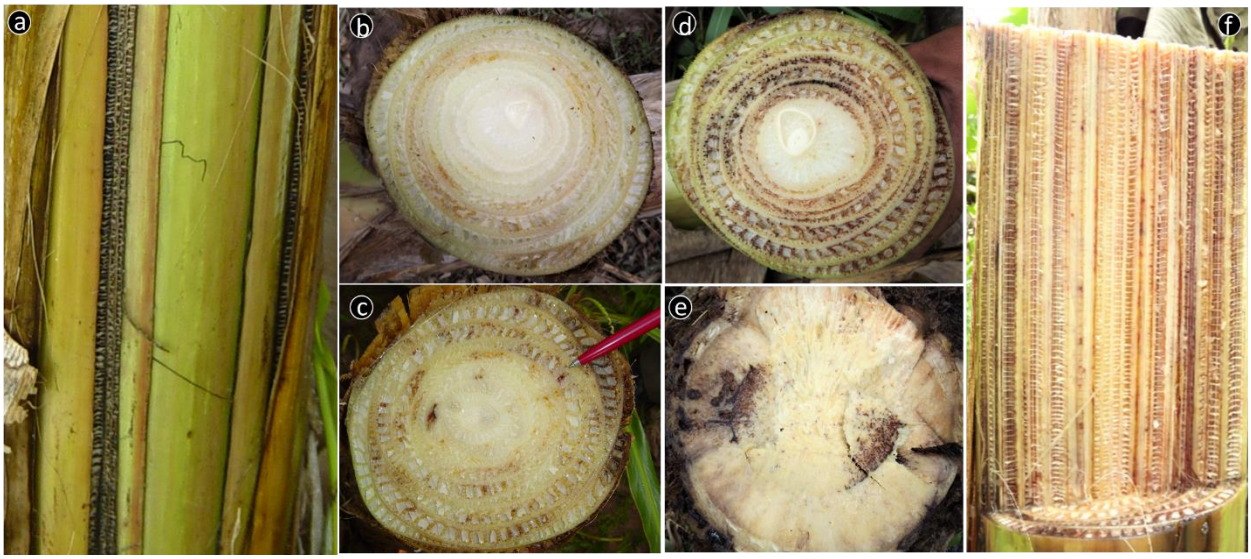


Figura 100. Síntomas causados por FOC en el pseudotallo y tallo de banano y plátano. Cuarteadura del pseudotallo (a). Formación de estrías necróticas en el pseudotallo (d, c, d y f). Necrosis del tallo (e).

Ciclo patogénico:

La infección se produce en las raíces y pueden ocurrir de dos maneras (i) heridas naturales provocados por la emisión de raíces secundarias; y (ii) por las heridas mecánicas provocadas por labores agrícolas, nematodos e insectos. La segunda es la forma más frecuente de infección. Foc, en ausencia del hospedante, se puede mantener en el suelo por más de 20 años, formando clamidosporas a partir de macro conídias e

hifas. Producida la infección, la microconídia atraviesa la corteza y alcanza los vasos xilemáticos hasta alcanzar la lámina foliar. La esporulación ocurre por las estomas, originando gran cantidad de conídias que son diseminadas por el viento y el agua de lluvia que son depositados en el suelo para iniciar nuevos puntos de infección. La forma de diseminación a grandes distancias y de mayor éxito se logra por el transporte de hojas e hijuelos obtenidos de plantas enfermas, en consecuencia, la forma más eficiente de control de esta enfermedad es la inmovilización de todo material vegetal de sitios de infección a zonas libres de la enfermedad.

La enfermedad es favorecida por las condiciones del suelo (arenoso, pH ácido y mal drenado), temperatura de 20 a 35 °C, deficiencias de fósforo, potasio, exceso de nitrógeno y deficiente manejo agronómico de la plantación. En la Figura 101, se grafica el ciclo patogénico del Foc en banano y plátano. Se ha establecido que, una planta infectada, inicia el proceso de manifestar los síntomas visibles entre los 5 y 7 meses después de la infección. Las variedades del banano son más susceptibles que los plátanos. La variedad Bellaco o “Harton”, se comporta en el valle del Alto Huallaga como una variedad resistente y es empleado en los sistemas de rotación.

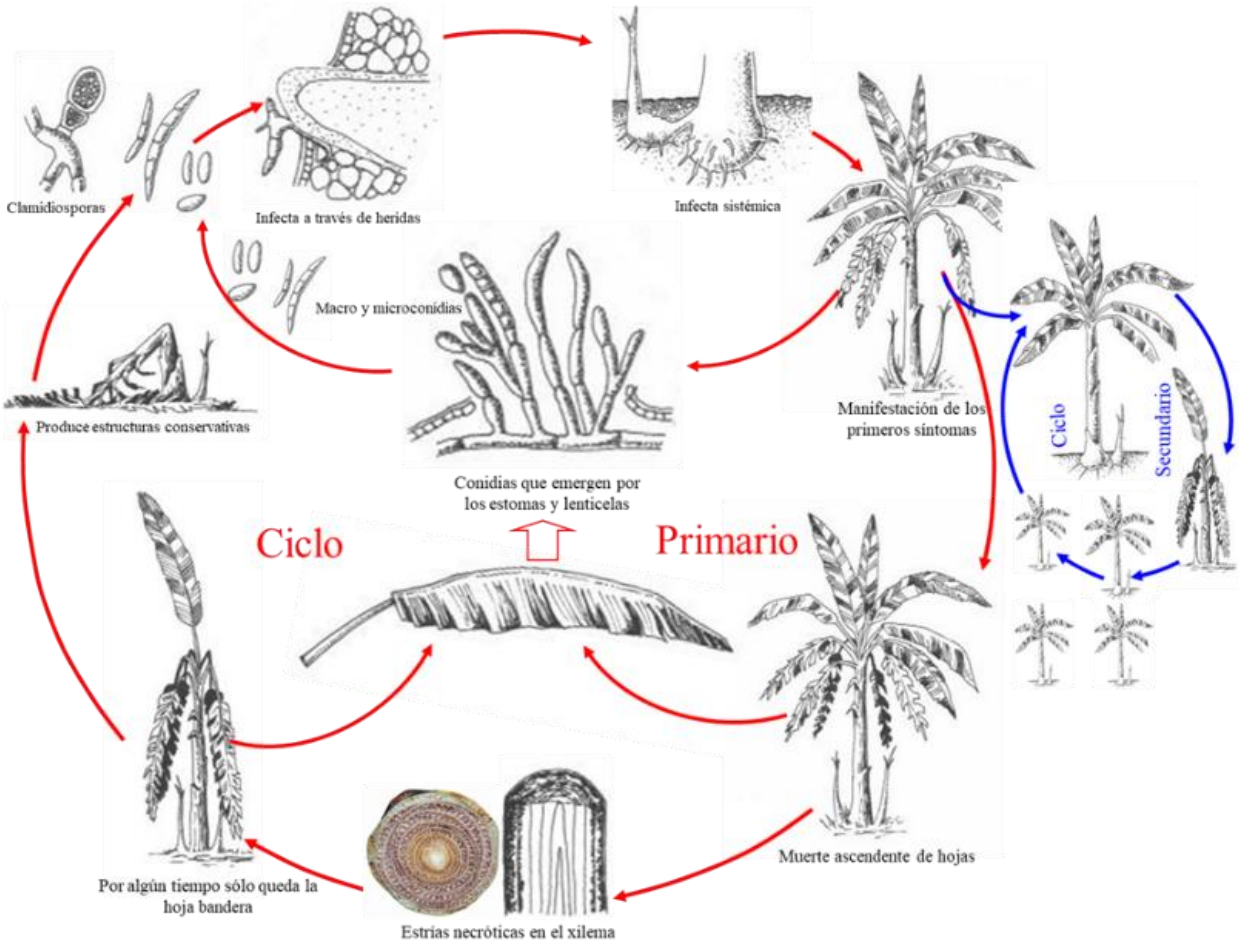


Figura 101. Ciclo patogénico de *Fusarium oxysporum f sp. cubense* en banano o plátano

Nombre de la enfermedad: Marchitez vascular del tomate

Agente causal: *Fusarium oxysporum* Schltdl.:Fr. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) W. C. Snyder & H. N. Hansen.

Tejidos que infecta: Sistema vascular

Síntomas:

El primer síntoma visible es el amarillamiento de las hojas bajeras, puesto que comienzan a perder turgencia y a marchitarse, al cortar el tallo longitudinalmente, podemos observar estrías de color marrón-rojizo a café (Figura 102). Si la planta es infectada a temprana edad, afectará severamente el crecimiento y desarrollo de la planta.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: No reportado

F. asexual: *Fusarium oxysporum f.sp. licopersici*

Figura 102. Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en tomate. Tomado: https://vegetableguide.usu.edu/diseases/tomato-pepper-eggplant/wilt-diseases

Nombre de la enfermedad: “Marchitez de la coca"

Agente causal: *Fusarium oxysporum* f. sp. *erythroxylii* Sands et al. (1997)

Tejidos que infecta: haces vasculares

Síntomas:

Como todo *Foc* causa marchitez y muerte de la planta. En la década de los 90, en el Alto Huallaga, esta enfermedad causó una gran

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: No reportado

F. asexual: *F. oxysporum* f. sp. *erythroxylii*

epidemia; tras ello, se redujo en más del 70% el área sembrada que, en ese entonces, alcanzaba las 320 mil hectáreas. En los haces vasculares, se observa estrías necróticas marrón rojizas característicos de esta enfermedad (Figura 103).

Figura 103. Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* f. sp*. erythroxylii* en coca.

Nombre de la enfermedad: “Marchitez" y “pudrición de del cuello” en granadilla

Agente causal:

La marchitez vascular es causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* WL Gordon.

La pudrición del cuello es causado por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

Tejidos que infecta:

F. solani: raíces y cuello de planta

F.oxysporum f sp. *passiflora*: haces vasculares

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Nectria haematococca*.

F. asexual: *Fusarium solani*

No determinado para Foc

Síntomas:

Tanto *Fusarium solani* como *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* causan como síntoma visible la marchitez de la planta. La diferencia radica en que *F. solani* se caracteriza por producir cancros a nivel de cuello de la planta y causar pardeamiento de los haces vasculares; en cambio *F. oxysporum. f.sp*. *pasiflora* se caracteriza por causar estrías necróticas en el tejido vascular (Figura 104).

Figura 104. Síntomas causados por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflora* en granadilla.

Familia: Clavicipitaceae

Los peritecios se forman en un estroma oscuro o brillantemente coloreado, carnoso o coriáceo. En el estroma se desarrollan numerosos peritecios, superficiales o inmersos; se desarrollan ascas cilíndricas, con el ápice engrosado, en los cuales aparecen ascosporas generalmente cilíndricas y multiseptadas, que se pueden partir en numerosos fragmentos. Agrupa a unos 43 géneros y aproximadamente 321 especies, entre ellos destaca el género *Clavicep* por ser parásito de una gran variedad de herbáceas y cereales de importancia económica, principalmente, el centeno.

Claviceps

Se han reportado más de 40 especies de *Claviceps* y todas son parásitos sobre las inflorescencias de gramíneas y juncos. Solo infecta a los ovarios en la floración. Las especies más conocidas son: *C. purpurea* que infecta al centeno, cebada, avena, triticale y trigo, *C. sorghi* que infecta al sorgo, *C. paspali* que infecta a *Paspalum virgatun* entre otros; también se los ha reportado como hongos endófitos, en muchas especies de gramíneas. Otra característica de *Claviceps* es la producción de un alcaloide como la ergonovina, ergotamina, el LSD y sus derivados químicos en los granos del cereal que han infectado, y en los esclerotes que forma en esos granos (Figura 105).

El consumo directo de estos granos infectados o alimentos procesados con estos granos puede causar envenenamiento en animales o personas. Los ovinos son los más sensibles; los síntomas inician entre los 10 a 15 días después de la ingesta, con

movimientos pendulares de la cabeza, leves temblores de los músculos del cuello, tronco y extremidades. Causan fracturas por las caídas. La mortalidad es ínfima y sólo se produce por accidentes secundarios, como las caídas. En la ganadería del Alto Huallaga no es un problema, aun cuando se cultiva áreas extensas de pasto.

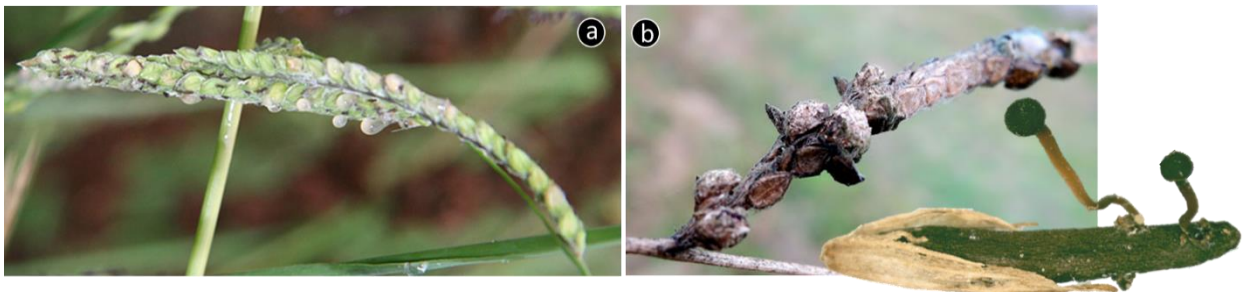


Figura 105. Síntomas causados por *Clavipces paspali* en *Paspalum virgatun.* Secreción de la toxina (a). Esclerotes y formación del cuerpo fructífero que agrupa en un tejido estromático a los peritecios.

Nombre de la enfermedad: “Cornezuelo del centeno" y “Cornezuelo del trigo. El centeno". El más importante

Agente causal: *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.

Su fase asexual se encuentra en *Sphacelia segetum* Lév.

Tejidos que infecta: Inflorescencias

Síntoma:

Solo afecta a inflorescencias. Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan con un exudado pegajoso que se compone de la savia del hospedante y las conídias del hongo en su fase asexual. En un estado avanzado de la enfermedad, el ovario infectado es reemplazado por un esclerote de color negro purpúreo, denominado en español “cornezuelo” en referencia a su aspecto de cuerno diminuto (Figura 106). Estos esclerotes caen al suelo, germinan y producen los estromas que contienen los peritecios y ascas. Cada asca contiene 8 ascosporas filiformes (alargas y delgadas).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Clavicipicitaceae

Género: *Clavipces purpurea*

F. asexual: *Sphacelia segetum*

Los exudados y esclerotes contienen ergoalcaloides (Micotoxinas), dentro de los cuales destacan la ergotamina, ergonovina, ergostina, ergoscristina, ergocriptina, ergocornina que contienen Ácido Lisérgico (LSD) en su estructura química. El consumo de una alta cantidad de pasto o alimentos con el “Cornezuelo”, puede causar la intoxicación e incluso la muerte a diversas especies de animales como rumiantes, equinos y cerdos; sin embargo, el cuadro clínico que muestran estos animales depende del tiempo de exposición a las toxinas y la dosis ingerida. Los Ergoalcaloides también tienen usos en la medicina humana para el tratamiento de la migraña o como vaso dilatador en los trabajos de parto de animales, que incluye al humano (Figura 107).

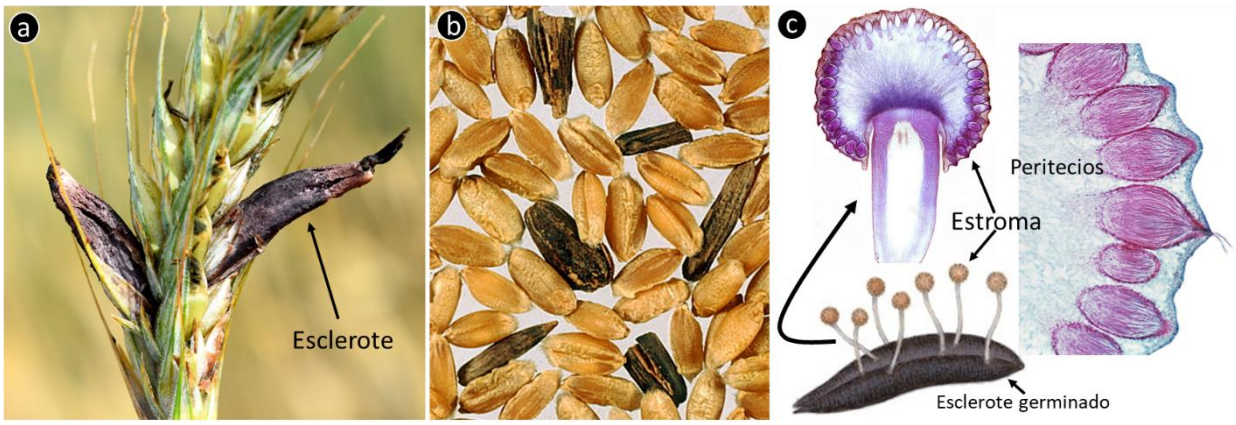


Figura 106. *Claviceps purpurea*. a) Esclerotes en granos de trigo. b) Tamaño comparativo de granos de trigo y esclerotes de C. purpurea. c) formación de estromas a partir de un esclerote germinado sobre el cual se forman los peritecios inmersos.

Figura 107. Exudados en sorgo causado *Clavipces purpurea* que contienen toxinas de uso medicinal como la Ergotamina. Foto tomadas por Gary Odvody.

Ciclo patogénico

El ciclo se inicia con la germinación de los esclerotes que quedan en el suelo, o aquellas que son sembradas junto con las semillas de los cereales o de gramíneas. Cuando los cereales llegan a la época de floración, los esclerotes germinan produciendo el estroma, que contiene agrupado a los peritecios que descargan las ascosporas al aire y se diseminan con el viento. Sólo las ascosporas que consiguen llegar hasta el estigma y el ovario de un hospedante pueden causar la infección. Por tanto, las ascosporas constituyen el inóculo primario, e infectan el ovario en un periodo de 24 horas.

En el ovario infectado se produce micelio y sobre ellas, se forman conídias; como reacción a la infección, las glándulas nectaríferas producen una secreción azucarada viscosa que se entremezclan con las conídias de *Sphacelia segetum* (fase asexual); este néctar atrae a los insectos que se contaminan externamente con las conídias; el insecto contaminado inoculará las conídias en flores sanas, con lo cual inicia nuevos ciclos de infección. A medida que avanza la fenología del cereal, el ovario infectado se convierte en un esclerote (cornezuelo) duro y de color oscuro; que se mantendrá en el suelo hasta el nuevo ciclo del cultivo (Figura 108).

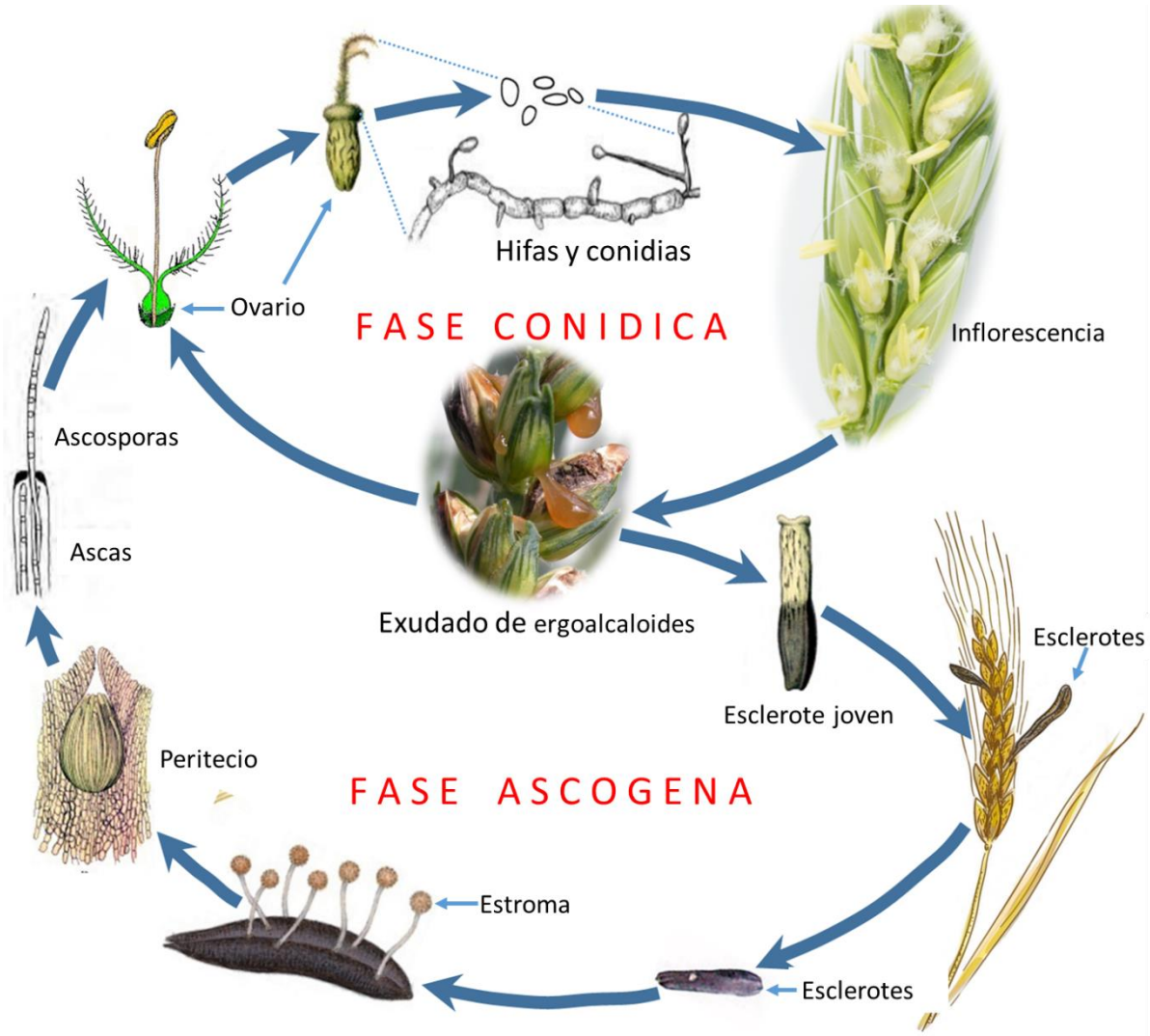


Figura 108. Ciclo patogénico de *Clavipces purpurea* en trigo. Fase conídica en *Sphacelia segetum*. Adaptado de Ergot of Rye, 2019 The American Phytopathological Society.

Nombre de la enfermedad: “Falso carbón” del arroz,

Agente causal: *Villosiclava virens* (Syn. *Claviceps virens*).

Su fase asexual se encuentra en *Ustilaginoidea virens* (Cooke) Takah, en esta fase causa el mayor daño. En la Figura 109, se presenta las estructuras morfológicas en la fase sexual y asexual.

Tejidos que infecta: granos en floración

Síntomas:

Clasificación:
División: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Orden: Hypocreales
Familia: Clavicipicitaceae
Género: Villosiclava virens
F. asexual: *Ustilaginoidea virens*

Los síntomas se expresan en ciertos granos de la panícula, observándose síntomas de hipertrofia que alcanzan tamaños varias veces mayor al grano sano. El contenido del grano ha sido reemplazado por una masa de conídias que, externamente, se presenta de color verde; posteriormente, a medida que se desarrolla, se rompe y expone la masa de conídias de color anaranjado que luego, cambia a un negro verdoso. Este síntoma solo es observable en 2 a 4 granos de los 250 a 450 granos que conforman una panícula.

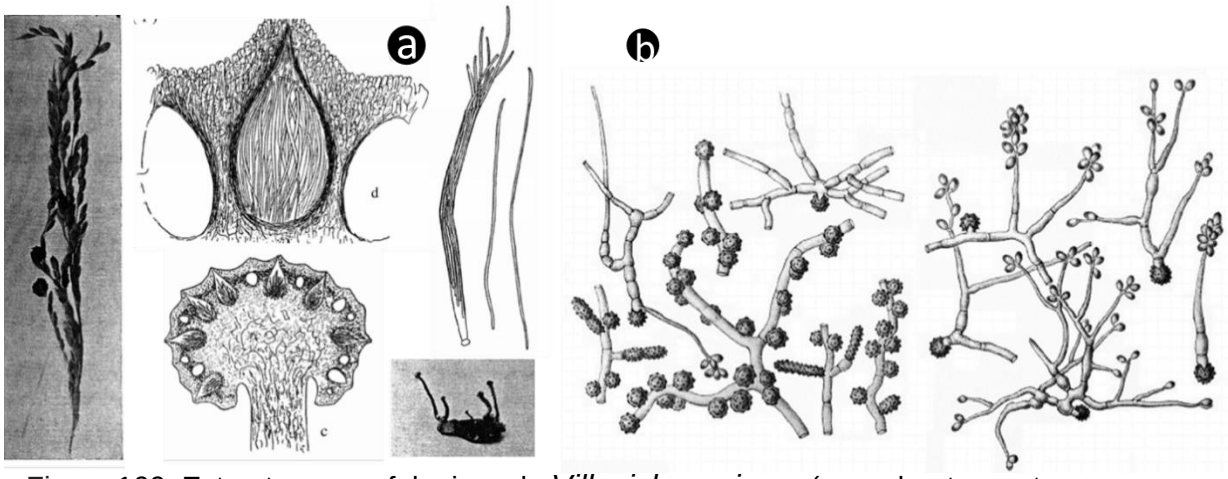


Figura 109. Estructuras morfologicas de *Villosiclava virens* (a: esclerotes, estroma ascas y ascosporas) y *Ustilaginoidea virens* (b: hifas que forman clamidosporas y conídias) Tomado de: Tanaka et al. (2018).

Ciclo patogénico

El ciclo de vida de *Ustilaginoidea virens,* desarrolla tanto la fase sexual como asexual (Figura 111). La formación de esclerotes en la fase sexual, son inducidos por las bajas temperaturas y se forman en las superficies de los granos esporulados. Bajo condiciones de humedad, luz y temperatura. Los esclerotes germinan y forman el estroma que agrupa a los peritecios, ascas y ascosporas (Figura 109-a). Las ascosporas infectan los granos a través del ovario antes y durante el estado de floración. El micelio desarrollado en el ovario forma abundante cantidad de conídias que se acumulan en los granos

hipertrofiados (Figura 109-b y 110). Sobre los granos esporulados, se forman clamidosporas de paredes gruesas. Las ascosporas y las clamidosporas, al germinar, producen conídias que infectan al arroz y a otras gramíneas que crecen en los campos de cultivo del arroz.

Figura 110. Síntomas y signos en granos de arroz causado por *Ustilaginoidea virens* fase asexual de *Villosiclava virens*. Las conídias y ascosporas infectan a los granos solo en el estado de floración.

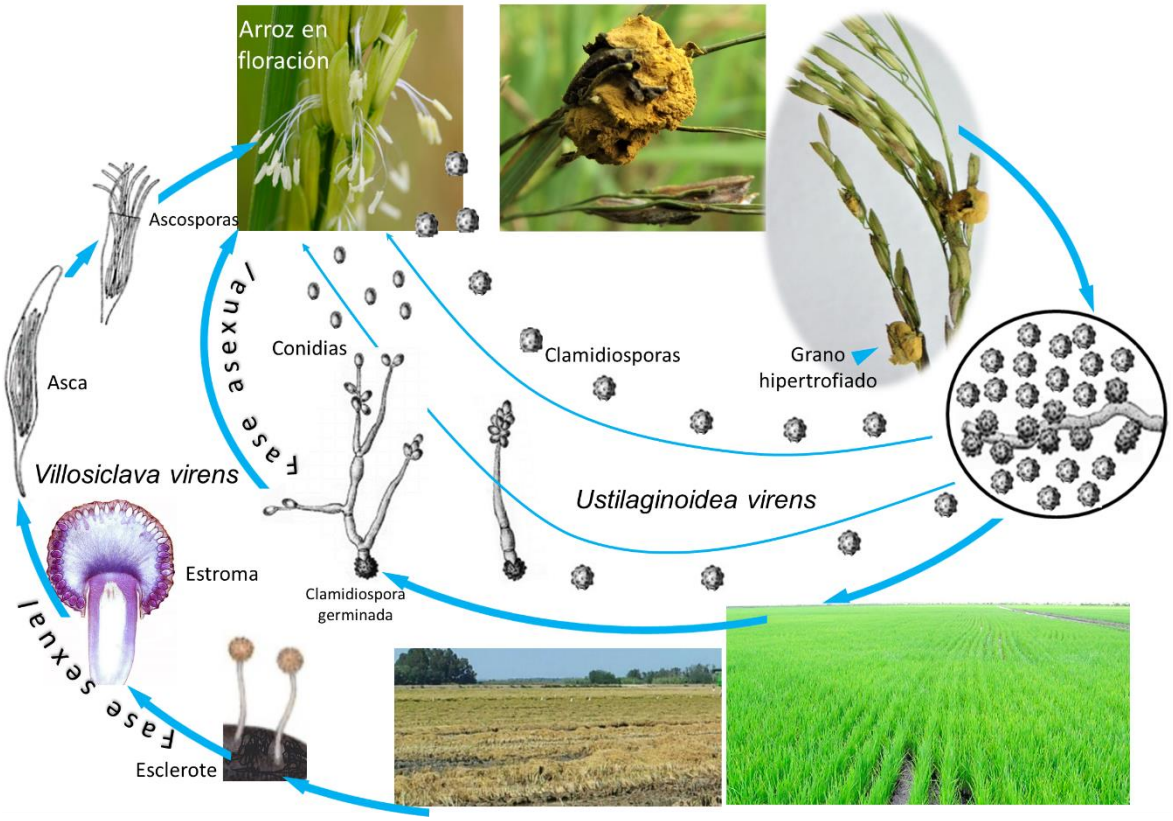


Figura 111. Ciclo patogénico del falso carbón del arroz causado por *Ustilaginoide virens*

Familia: Cordycipitaceae

Cordyceps es un entomopatógeno que está constituido por más de 500 especies que parasitan a varios órdenes insectos, arácnidos; un reducido número de especies son parásitas de hongos del género *Elaphomyces* (ascomycota, Eurotiales). Muchas de sus especies se han utilizado en la medicina tradicional de países asiáticos como China, Corea y Japón. Se ha comprobado que poseen componentes bioactivos benéficos para la salud humana como la cordicepina, un metabolito secundario con propiedades anticancerígenas, antioxidantes y antiinflamatorias.

Agrupa 15 géneros y aproximadamente 400 especies, pero las tres más conocidas son *Cordyceps sinensis*; *Cordyceps militaris,* de uso ancestral en la medicina china; y *Cordyceps unilateralis,* que infecta a las hormigas, de tal forma que provoca que estas actúen como zombies.

Cordyceps militaris y *C. sinensis,* son habitantes naturales de los bosques de coníferas en el Tibet, parasitan a larvas semienterradas de orugas y crisálidas de mariposa. En primavera del suelo emergen sus carpóforos (tejido estromático), el consumo de estas dos especies, se le atribuyen numerosas propiedades terapéuticas, como el aumento en el rendimiento y energía, antienvejecimiento, vigorizante sexual, estimula el sistema inmunitario y antiinflamatorio, protege el corazón, posible efecto anticancerígeno, entre otros beneficios; por ello, existe un comercio mundial de este hongo, cuyo precio puede alcanzar hasta ocho mil dólares americanos por kilo. Debido al auge de la demanda y a lo difícil que es encontrarlo, se ha empezado a cultivar de manera artificial, usando como base sustrato de arroz o de soja. Por su parte, la tienda online Amazon, oferta potes donde tiene el sustrato inoculado, a $ 21.0 dólares americanos. Después de 55 días de incubación, se cosecha los carpóforos (Figura 112-c).

Figura 112. *Cordyceps militaris* (a). Oferta de capsulas a base de *C. militaris* (b). Kit de cultivo de *C. militaris* ofertado por Amazon (c).

En la Figura 113, se presenta algunas especies de *Cordyceps* encontrados en la zona de Carpish (ceja de montaña a 1800 msnm) el departamento de Huánuco.

Figura 113. Diferentes especies de *Cordyceps* encontrados en la zona de Carpish-Huánuco, Perú.

Los géneros y especies de los Cordicipitaceae corresponden la fase sexual de importantes hongos entomopatógenos

Cordyceps bassiana fase sexual de *Beauveria bassiana* el más importante biocontrolador de insectos plagas en la agricultura tropical.

Cordyceps brongniartii fase sexual de *Beauveria brongniartii* el más importante biocontrolador de insectos plagas en la agricultura de costa y sierra.

Cordyceps confragosa fase sexual de *Lecanicillium lecanii* biocontrolador de la roya amarilla del café.

Metacordyceps chlamydosporia, fase sexual de *Pochonia chlamydosporia*, importante biocnotralador de nematodos fitoparásitos.

Metacordyceps taii fase sexual de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*, importante entomopatógeno empleado en el control de insectos plaga.

Nombre de la enfermedad: “Zombie" en la hormiga carpintera

Agente causal: *Ophiocordyceps unilateralis* (=*Cordyceps uinlateralis*)

Síntomas:

Las ascosporas infectan la cabeza de la hormiga *Camponotus leonardi* (que vive en las ramas altas de los árboles) y son capaces de modificar su comportamiento, ya que comienzan a caminar de forma errática y tienen convulsiones, hasta

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordypceaceae

Género: *Ophiocordyceps unilateralis*

F. asexual: No determinado

convertirla en una especie de zombi; asimismo, hace que se dirijan a la parte baja de la planta donde las condiciones de humedad y temperatura son favorables para la esporulación del hongo. La hormiga se posiciona en el envés en una hoja y muerde fuertemente la nervadura central antes de morir. Días después, emerge de la cabeza el cuerpo estromático, que contiene los peritecios, y descarga al viento las ascosporas que infectan a las hormigas que se encuentran debajo de ella. En base al comportamiento de esta enfermedad, se ha escrito el guion del videojuego ***The last of us*** (El ultimo de nosotros) que, en este caso, trata en torno a un virus mortal nacido de un hongo llamado *Cordyceps unilateralis* (Figura 114).

Figura 114. Esporulación de *Cordyceps unilateralis* sobre el cadáver de una hormiga. Este hongo inspiro para la creación del video juego The Last Of Us. Foto de *C. unilateralis* tomada de: https://www.revistadelauniversidad.mx/articles-files/7d2615

Nombre de la enfermedad: Entomopatógeno

Agente causal: *Cordyceps bassiana* Z.Z. Li, C.R. Li, B. Huang & M.Z. Fan 2001,

Su fase asexual corresponde al género *Beauveria*; en esta fase tiene el mayor efecto de biocontrol de insectos plagas.

Las especies de *Bauveria basiana* y *B. brongniartii* son los más empleados en el Perú.

- *Beauveria basiana* (Bálsamo) Vuillemin., predomina en selva alta y baja.
- *Beauveria brogniartii* (Sacc.) Petch predomina en condiciones de costa y sierra.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordypceaceae

Género: *Cordyceps bassiana*

F. asexual: *Beauveria bassiana*

Beuuveria brongniartii

En la Figura 115, se presentan las características morfológicas de ambas especies de *Beauveria*, y las diferencias se presentan, principalmente, en la forma de los conidióforos.

Insectos plaga que controla: Coleópteros, lepidópteros, himenópteros y otros. Es un entomopatógeno natural que está distribuido en todos los ambientes naturales, gracias a su hábito saprofítico (Figura 116).
Mecanismos de biocontrol: actúa por contacto de sus conídias con la cutícula del insecto. De esta forma, al penetrar a su interior, liberan toxinas que causan la muerte; y si las condiciones ambientales son adecuadas, esporula en el exterior del insecto muerto. En la Figura 99, se grafica el proceso patogénico de *Beauveria*; este ciclo general es aplicable a todo hongo entomopatógeno.

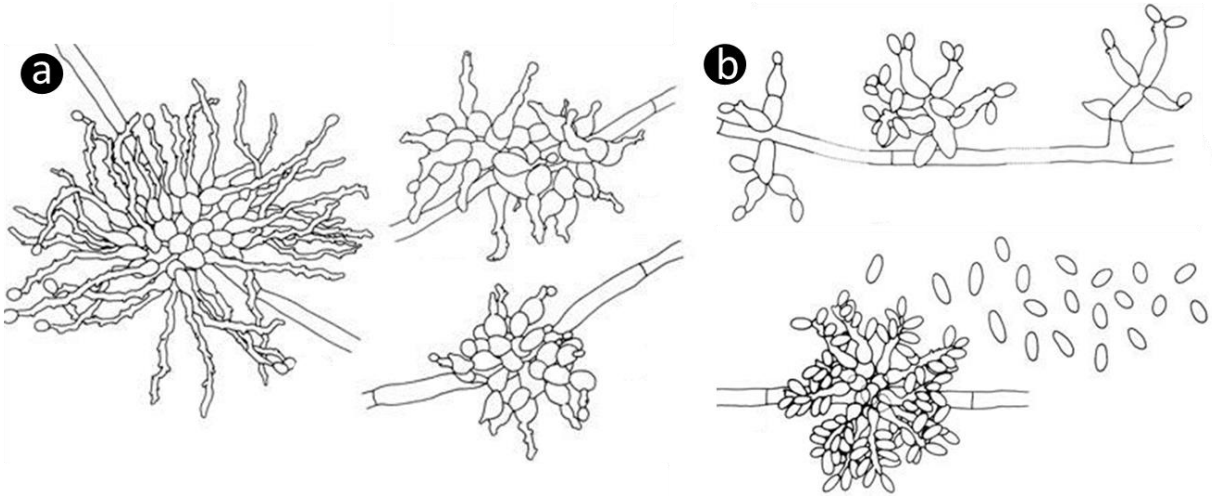


Figura 115. Características morfológicas de *Beauveria bassiana* (a) y *B. brongniarti* (b)

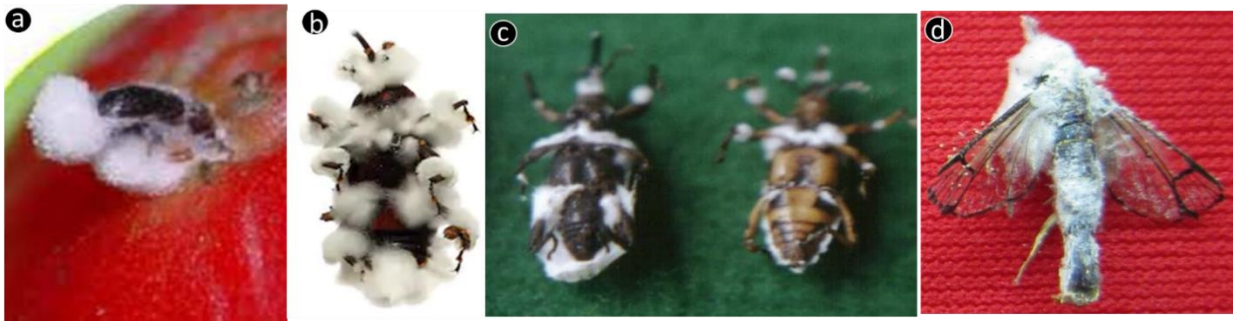


Figura 116. *Beauveria bassiana* sobre: *Hypothenemus hampei* (a), *Rhynchosporium palmarum* (b), *Cosmopolites sordidus* y *Methamacius hemipterus* (c) y *Carmenta foraseminis* (d). Foto tomada de: (a) Cenicafe. (d) Cortesía de C. Ramírez.

Ciclo patogénico:

Presenta un alto grado de adaptabilidad para vivir en condiciones saprofiticas y parasíticas. Esta condición le permite vivir libremente en el suelo y mantenerse en ausencia de sus hospedantes por largo tiempo. Se han descrito ocho etapas en el ciclo patogénico de *Beauveria*; siendo estas:

a. Adhesión: a través de los agentes de diseminación, las conídias son depositada en la superficie de la cutícula del insecto y se adhiere a ella.

b. Germinación: la conídias germinan en un ambiente de alta humedad relativa (92 %) y una temperatura entre los 23 a 25 °C; a través de su apresorio, inicia el proceso de penetración (Figura 117).
c. Penetración: se realiza a través de las partes blandas del insecto, mediante mecanismos físicos y químicos, en esta última libera de enzimas como las quitinasas, lipasas y proteasas que degradan el exoesqueleto del insecto facilitando la penetración.
d. Producción de toxinas:las blastosporas colonizan los tejidos internos del insecto y produce la toxina llamada Beauvericina que disminuye su sistema inmunológico, y ello facilita la invasión del hongo a todos los tejidos. Otras toxinas identificadas son beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, ácido oxálico y los pigmentos tenellina y bassianina que han mostrado cierta actividad insecticida. El propósito de las toxinas es inhibir el desarrollo de otros organismos saprofitos sobre el cadáver del insecto invadido por el entomopatógeno.
e. Muerte del insecto: la muerte del insecto marca el fin de la fase parasítica de Beauveria e inicia la fase saprofítica.
f. Multiplicación y crecimiento: después de la muerte del insecto, el hongo invade todo el cuerpo del insecto, a través de sus hifas; en ese proceso, liberan metabolitos secundarios que evitan la descomposición del tejido del insecto, quedándose momificado por mucho tiempo.
g. Esporulación: es la etapa en que los conidióforos emergen del cuerpo del insecto y se inicia la formación de una abundante cantidad de conídias.
h. Diseminación: las conídias formadas sobre el cuerpo momificado del insecto, son transportadas y depositadas por el viento sobre el cuerpo de otro insecto, iniciándose así un nuevo ciclo infectivo. Todo este ciclo dura en la broca del café entre 9 a 11 días, mientras que en el gorgojo negro del plátano dura de 11 a 15 días.

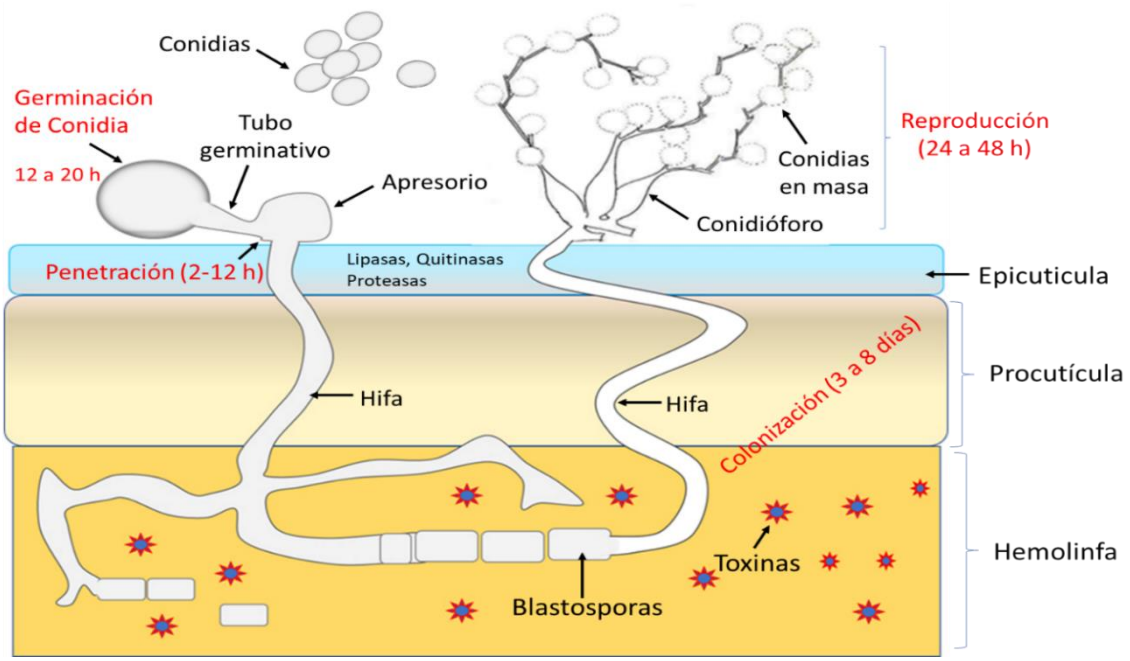


Figura 117. Ciclo patogénico de *Beauveria bassiana* sobre un insecto.

Nombre de la enfermedad: Entomopatógeno

Agente causal: *Metacordyceps taii* (Z.Q.Liang & A.Y.Liu) G.H.Sung, J.M.Sung, Hywel-Jones & Spatafora (2007).

Su fase asexual corresponde al género *Metarhizium*; es en esta fase el que tiene el mayor efecto de biocontrol de insectos plagas.

Insectos plaga que controla:

Al igual que *Beauveria* controla Coleópteros, Lepidópteros, Hemípteros y otros.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordypceaceae

Género: *Cordyceps bassiana*

F. asexual: *Metarhizium anisopliae*

Mecanismo de control: actúa por contacto e infección a través de sus conídias. La muerte puede ocurrir entre los 3 a 5 días después de la infección, dependiendo de la virulencia de la cepa y estado del insecto. Los insectos muertos son cubiertos completamente por micelio, el cual, inicialmente, es de color blanco, pero se torna verde cuando el hongo esporula (Figura 118).

Figura 118. *Metarhizium anisopliae* sobre adultos y larvas de coleópteros.

Ciclo patogénico: es semejante al descrito para *Beauveria* (Figura 117).

Nombre de la enfermedad: Micoparásito, Entomopatógeno y Nematófago

Agente causal: *Cordyceps confragosa* (Mains) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora 2007.

Su fase asexual corresponde a *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) Zare et W. Gams. en esta fase tiene el mayor efecto de biocontrol sobre artrópodos, fito nematodos y hongos. Es un biocontralador natural de *Hemileia vastratrix* (Figura 119) presentes en todos los cafetales del Perú.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordypceaceae

Género: *Cordyceps confragosa*

F. asexual: *Lecanicillium lecanii*

Mecanismo de control:

Actúa por contacto, inhibiendo la germinación y parasitando las uredosporas. Bajo condiciones naturales, existe una incidencia de parasitismo del 9 al 11% de las hojas infectadas con la roya.

Figura 119. *Lecanicillium lecanii* sobre uredosporas de *Hemileia vastatrix* agente causal de la roya amarilla del café.

También sea aislado como micoparásitos de uredosporas de *H. vastatrix* a *Calcarisporium* sp., *Sporothrix* sp. y *Simplicillium* sp.

Nombre de la enfermedad: Nematófago

Agente causal: *Metacordyceps chlamydosporia* (H.C. Evans) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora 2007.

Su fase asexual corresponde a *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams., importante biocnotralador de nematodos fitoparásitos.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordypceaceae

Género: *Metacordyceps chlamydosporia*

F. asexual: *Pochonia chlamydosporia*.

Nematodos fitoparásitos que controla:

Es un hongo parásito facultativo de huevos de nematodos.

Mecanismo de control:

Parasita los huevos de nematodos en estados inmaduros; los estados juveniles a partir del J2, no son parasitados. Por lo tanto, es necesario seleccionar cepas con alto grado de parasitismo (Figura 120).

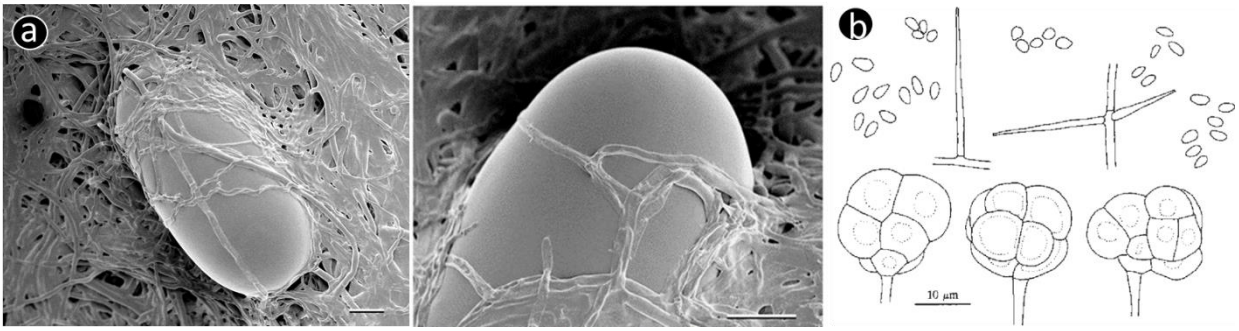


Figura 120. *Pochonia chlamydosporia* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. (a). Estructura Conidias de *P. chlamidiosporia* (b). Fuente: Ward et al., 2012.

10.5.7 Orden: Microascales

Este orden tiene alrededor de 06 familias de los cuales, fitopatológicamente, el más importante es la familia Ceratocystidaceae.

Familia: Ceratocystidaceae

Posee un peritecio oscuro con un cuello largo y ostiolo es filamentoso en forma de flecos. Las ascas globosas en cadenas (Figura 121). Agrupa 6 géneros y 79 especies. La especie más importante, desde el punto de vista fitopatológico, es *Ceratocystis* que causa enfermedades vasculares en cultivos y especies forestales alrededor del mundo. Las especies de importancia fitopatológica son:

Ceratocystis fimbriata Ellis & Halst. "Mal del machete" del cacao y caucho, café, mango y otros. Su estado anamórfico es *Chalara* sp. (Figura 122).

Ceratocystis paradoxa (De Seynes) C. Moreau. "Pudrición húmeda" en piña y "Mancha anular" en palma aceitera y su estado anamórfico es *Thielaviopsis* o *Chalaropsis.*

Ceratocystis fagacearum (Bretz.) Hunt. Causa marchites en roble.

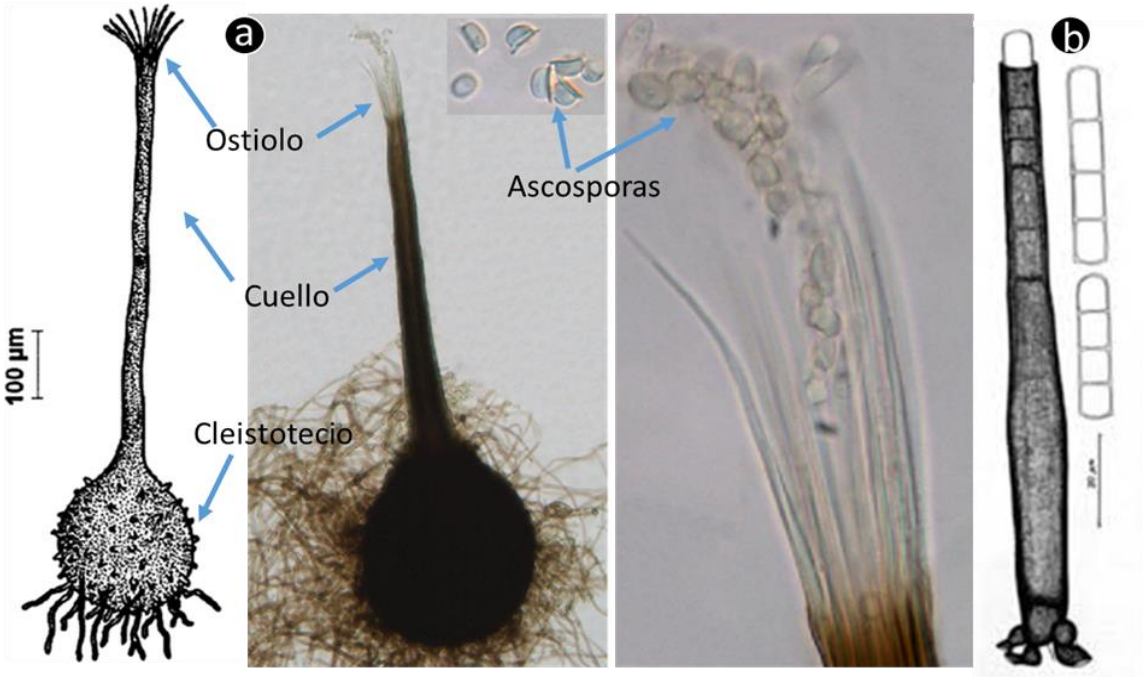


Figura 121. Morfología de *Ceratocystis* (a), se observa ascostroma tipo peritecio y ascosporas siendo liberados a través del ostiolo de cuello largo. Estado anamórfico (b) que corresponde a *Chalara* o *Thilaviopsis*.

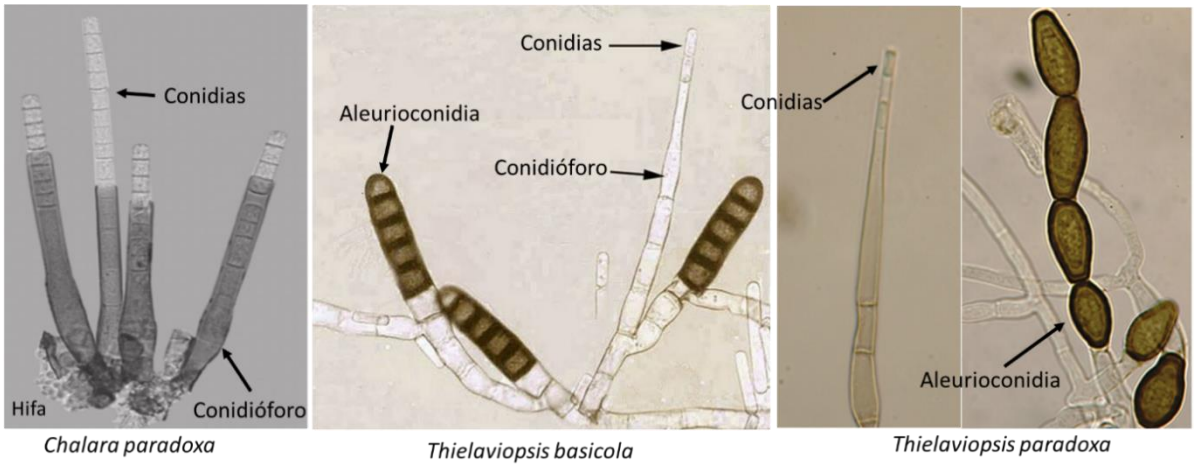


Figura 122. Morfología de los estados anamórficos de *Ceratocystis* sp.

Nombre de la enfermedad: "Mal del machete del cacao"

Agente causal: *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst.

Tejidos que infecta: haces vasculares (Xilema)

Síntomas:

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Microascales

Familia: Ceratocystidaceae

Género: *Ceratocystis fimbriata*

F. asexual: *Chalara paradoxa*

C. fimbriata infecta al cacao por medio de lesiones en los troncos y en las ramas principales. El nombre de la enfermedad viene de la transmisión por el uso del machete u otras herramientas, en las labores de corte en una planta infectada, y luego en otras plantas sanas. Debido a que es un patógeno vascular, causa en la planta clorosis, marchites progresivo y finalmente la muerte. Las hojas y frutos no se caen enseguida, sino después de mucho tiempo (Figura 123). Al corte del tallo y ramas, en los tejidos vasculares, se observa una coloración de amarillo cremoso a púrpura; este síntoma es la característica típica de esta enfermedad. Las plantas enfermas, atraen a barrenadores de tallo como *Xyleborus* y *Xylosandrus* que perforan los tejidos infectados, abriendo galerías y liberan por los orificios fragmentos de madera (aserrín) juntamente con las estructuras del patógeno, contribuyendo así en la diseminación de la enfermedad. Es la única enfermedad vascular reportada en cacao en América latina.

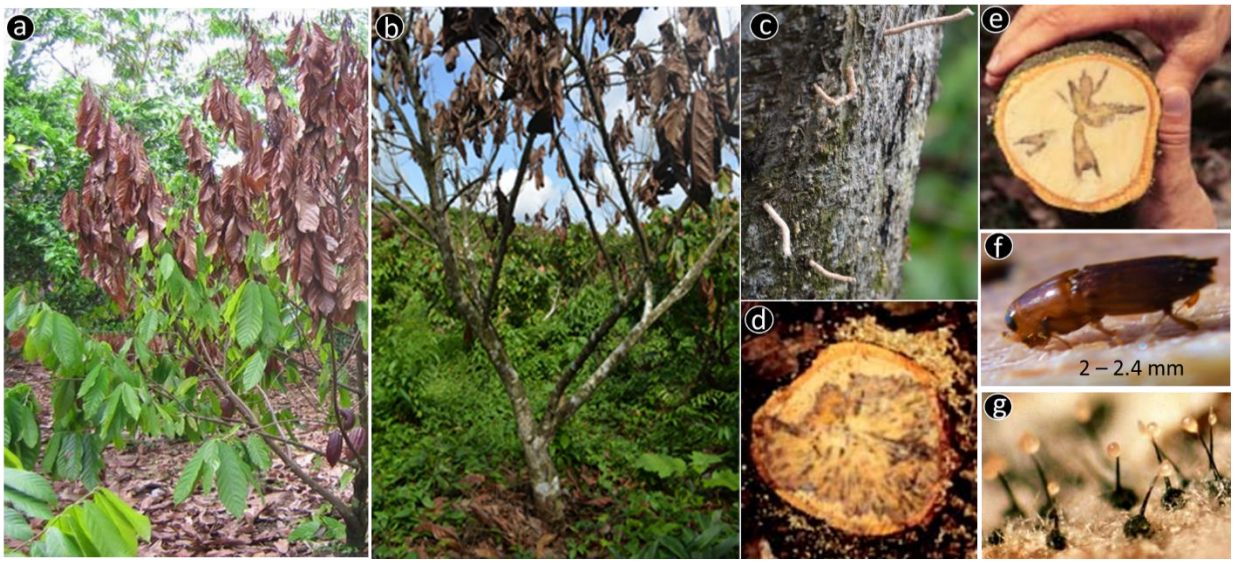


Figura 123. Síntomas causados por *Ceratocystis fimbriata.* Marchitez y muerte de la planta (a y b). presencia de aserrín causado por *Xyleborus* en el tronco (c y d). Estrías necróticas en los haces vasculares (d y e). *Xyleborus* (f). En las galerías se forman cleistotecios que liberan profusamente ascosporas que son trasladados por el insecto al salir de sus galerías (g).

Ciclo patogénico:

gLas plantas enfermas atraen químicamente a insectos barrenadores como *Xyleborus,* que realizan galerías en el tronco y ramas primarias, como las ascosporas son transportadas vascularmente y al ser depositadas en a las galerías, inician el proceso de germinación y formación de cleistotecios que a su vez forman y liberan ascosporas en una más musilaginosa que suelen adherirse al cuerpo de *Xyleborus* y de esta manera contribuye en la propagación de esta enfermedad hacia las plantas vecinas. Existen reportes de la alimentación de las estructuras fúngicas por parte de las larvas de *Xyleborus*; sin embargo, para el caso de cacao no está totalmente dilucidado. En la Figura 124 se grafica el ciclo patogénico de esta enfermedad.

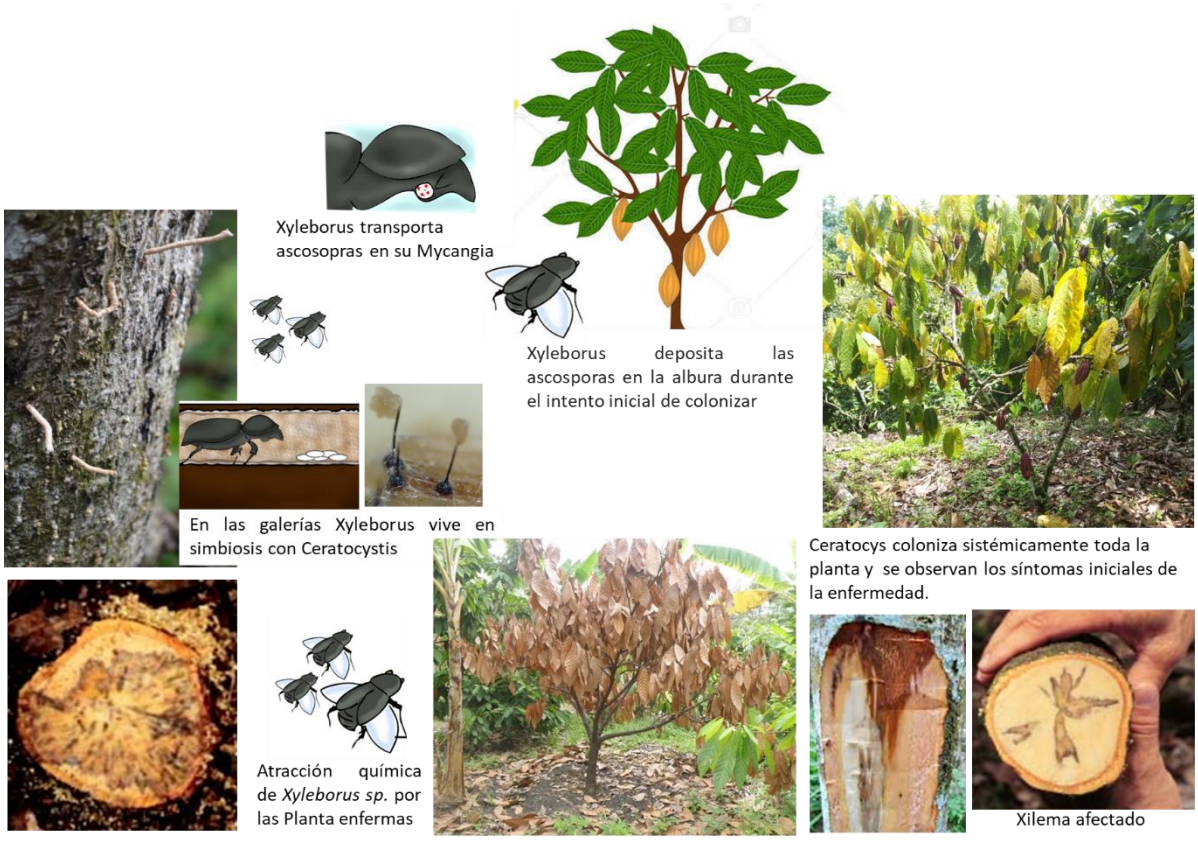


Figura 124. Ciclo patogénico del “mal de machete” causado por *Ceratocystis fimbriata* en cacao. Es la única enfermedad vascular reportada en cacao en el Perú.

10.5.8 Orden: Glomerellales

El nombre y su ubicación de este orden es incierto, se reconocen tres familias, de las cuales destaca los Glomerellaceae.

Familia: Glomerellaceae

Anteriormente, esta familia estaba ubicada en el orden Phyllachorales. En esta familia se encuentra un único género que es *Glomerella* sp. y agrupa a más de 71 especies. Su fase asexual se encuentra en el género *Colletotrichum* sp.*;* este género es un importante patógeno de numerosas plantas en las que produce antracnosis y pudriciones en frutos.

Glomerella sp., presenta peritecios negros, formado no en estroma, con perífisas en el ostiolo y abundantes parafisas. Las ascas son claviformes con pequeños pedicelos de pared delgada con un anillo pequeño apical inamiloide. Las ascosporas son hialinas, a menudo aseptadas, lisas, sin cubierta gelatinosa y con frecuencia son curvadas (Figura 1125), esta fase se observa raramente en condiciones naturales, lo más común es la fase asexual que corresponde a *Colletotrichum* sp., en este estado forma un cuerpo fructífero denominado acérvulos en los que se producen conídias unicelulares hialinas en esporodoquios y, en ocasiones, forman setas que son ornamentos estériles empleados en identificación de especies (Figura 126).

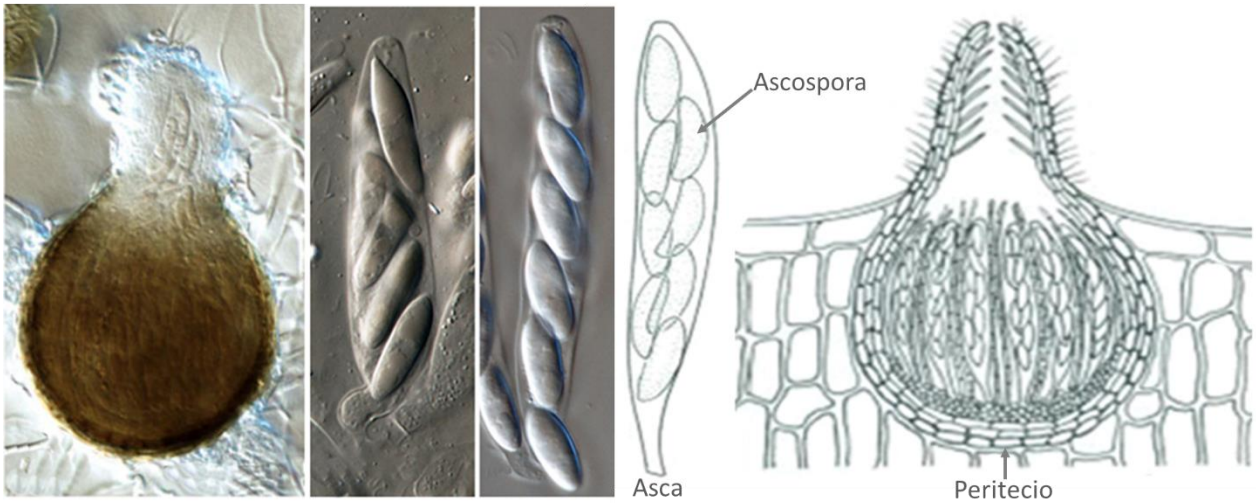


Figura 125. Peritecio, asca y ascosporas de *Glomerella* sp. corresponde a la fase sexual de *Colletotrichum* que causa la enfermedad conocida como antracnosis.

Enfermedades causadas por el género *Colletotrichum*

El género *Colletotrichum* incluye a más de 100 especies; asimismo, son responsables de la enfermedad conocida como “antracnosis”, la cual afectan a frutos y hojas, brotes, ramas y tallos de casi todos los cultivos. También, produce otros síntomas como cancros, muerte regresiva y pudriciones. Algunas especies han sido frecuentemente aisladas como endófitos (ejercen parasitismo sin expresar síntomas), que actualmente es una rama de las investigaciones del control biológico ya que muestra un marcado potencial de control fitopatógenos.

El síntoma de antracnosis, además de ser causado por *Colletotrichum* sp., está asociado a *Gloesproium* sp. (Fam. Depranopezizae, Ord. Pezizales). Su morfología es muy semejante porque ambos producen sus conídias en acérvulos (Figura 126 f y g), en los cuales solo algunas especies de *Colletrochichum* puede producir las estructuras denominadas setas (Figura 126 a, b, c, e y f) no tiene ninguna función en la patogénesis.

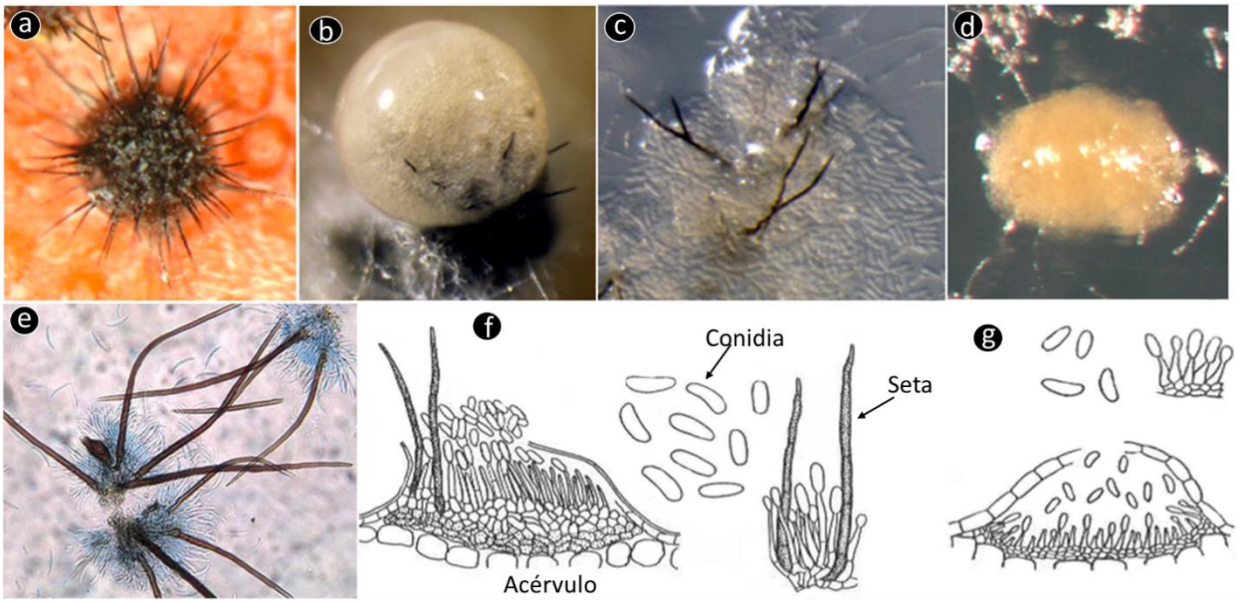


Figura 126. Estructuras típicas de *Colletotrichum.* Sus conídias unicelulares se forman en acérvulos algunos presentan setas y otras no (d y g).

Nombre de la enfermedad: “Cancro” o “Antracnosis” en muchos cultivos

Agente causal: *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding & v. Schrenk.

Su fase asexual corresponde a *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. Esta fase es la más importante en el desarrollo de esta enfermedad.

Tejidos que infecta: hojas, ramas, brotes, flores, frutos tallos y plántulas en viveros.

Síntomas:

Los síntomas varían según el tipo de órgano y hospedante al cual afecta:

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Glomerelalles

Familia: Glomerellaceae

Género: *Glomerella*

F. asexual: *Colletotrichum*

Hojas: se inicia con pequeñas manchas cloróticas que, a medida que se desarrolla, producen manchas necróticas concéntricas con márgenes bien definidos.

Ramas y tallos: las lesiones son más o menos redondeadas, hundidas y oscuras.

El síntoma característico es el producido en los frutos, al causar manchas deprimidas en su centro, con anillos concéntricos bien marcados, tamaño variable (0,5 a 3 cm de diámetro), de color marrón o café claro. Generalmente, la lesión avanza en todo el diámetro y se une a otras rápidamente, logrando cubrir gran parte del fruto (Figura 127).

Figura 127. Síntomas de antracnosis causados en plátano, café y papayo por *Colletotrichum* sp. que corresponde a la fase asexual de *Glomerella* sp.

El centro de la lesión toma una coloración rosado salmón, debido a la esporulación del hongo en su fase conidial. El tamaño de la lesión que se presenta en la cáscara del fruto, corresponde una pudrición interna en la pulpa, es de color café y le confiere un sabor desagradable. Esta es una de las enfermedades de mayor impacto en frutas y hortalizas en postcosecha.

Nombre de la enfermedad: "Antracnosis" cítricos

Agente causal: *Glomerella acutata* (Stoneman) Spaulding & v. Schrenk.

(FA: Colletotrichum acutatum (=Colletotrichum gloeosporioides))

Tejidos que infecta: hojas, brotes, flores y frutos.

Síntomas:

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: *Glomerelalles*

Familia: Glomerellaceae

Género: *Glomerella acutata*

F. asexual: *Colletotrichum acutatum*

De acuerdo con el ciclo fenológico del cultivo, esta enfermedad inicia sus daños en los botones florales en los que producen manchas de color naranja a café; luego, con el avance de la enfermedad, se va tornando café rojizo hasta que quedan completamente necrosados. Los frutos en proceso de crecimiento presentan manchas cloróticas en la base; posteriormente,

avanzan hasta cubrirlos por completo, para luego desprenderse (abortos). Cuando la flor o fruto enfermo se desprende, permanecen residuos del hongo en el brote durante más de un año. Las flores y los frutos pequeños que están cerca de las flores dañadas también pueden caer antes del amarre de la fruta; en las hojas se observan manchas irregulares. La antracnosis afecta la mayoría de los cítricos, pero es más severa en naranjos dulces. En la Figura 128, se presenta los síntomas ocasionados en las flores.

Figura 128. Síntomas de *Colletrotrichum acutatun* en flores de cítricos.

Nombre de la enfermedad: "Antracnosis" en cacao

En plantaciones manejadas con cierto nivel técnico esta enfermedad se considera como secundaria.

Agente causal: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Su fase sexual corresponde en *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding & v. Schrenk.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: *Glomerelalles*

Familia: Glomerellaceae

Género: *Glomerella cingulata*

F. asexual: *Colletotrichum gloeosporioides*

Tejidos que infecta: Hojas, frutos, tallos y ramas.

Síntomas:

Infecta a las hojas, ramas, brotes y frutos. En el Huallaga, se observa una mayor incidencia a nivel de frutos; sin embargo, al igual que la "pudrición carbonosa", la "antracnosis" es una enfermedad de importancia secundaria. Los síntomas aparecen como lesiones hundidas, aisladas, las cuales pueden unirse formando manchas necróticas que dañan la calidad de los granos. Sobre las manchas necróticas hundidas, se observan puntos de color naranja-rosado que corresponden a los acervúlos que

forman conídias en esporodoquios (Figura 129). Su incidencia está correlacionada a problemas de estrés nutricional, agua o daños causados en las raíces, tallos o ramas.

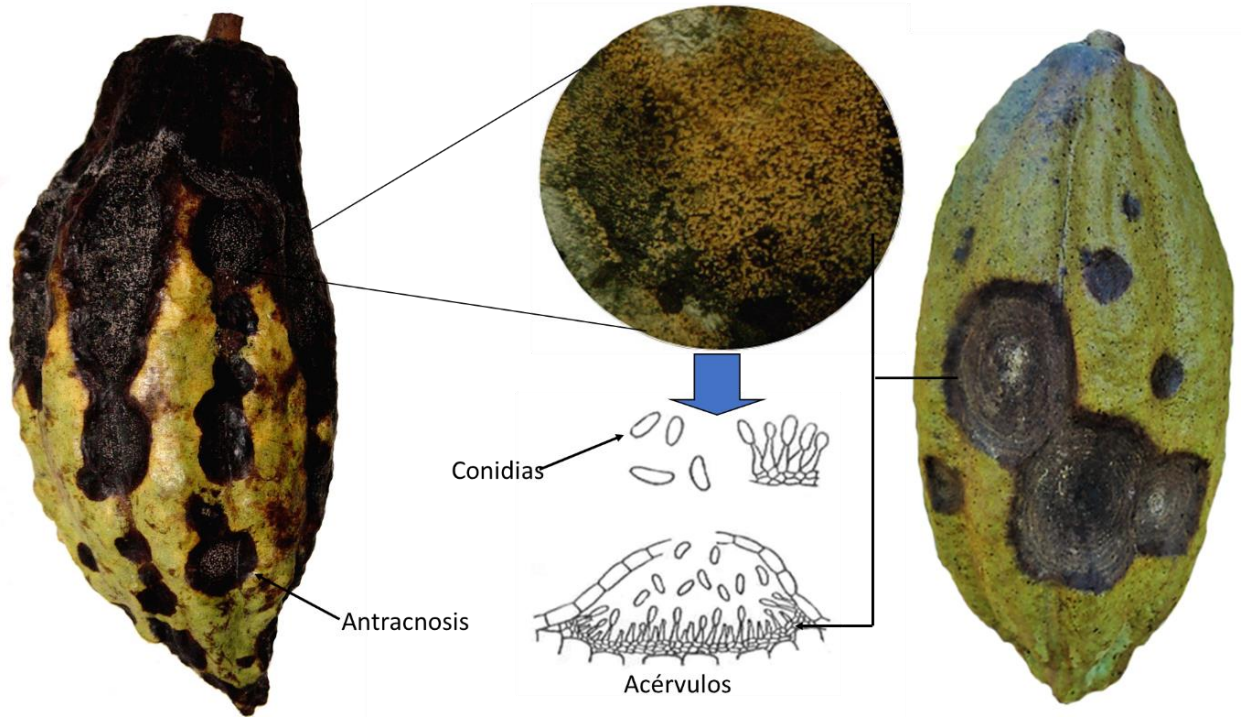


Figura 129. Síntomas de antracnosis en frutos de cacao causado por *Colletotrichum gloeosporioides*.

Nombre de la enfermedad: ““Antracnosis” en café

En plantaciones manejadas con cierto nivel técnico esta enfermedad se considera como secundaria.

Agente causal: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Fase sexual en *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding & v. Schrenk.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: *Glomerelalles*

Familia: Glomerellaceae

Género: *Glomerella cingulata*

F. asexual: *Colletotrichum gloeosporioides*

Tejidos que infecta: Hojas, frutos, tallos y ramas.

Síntomas:

En las hojas, se forman manchas necróticas irregulares que, generalmente, se inician a partir de la punta y de los bordes. Sobre la mancha, se forman líneas circulares con muchos puntos pequeños de color oscuro que

corresponde a los acérvulos. En frutos, los síntomas se inician con pequeñas manchas necróticas, que están ligeramente hundidas, hasta abarcar todo el fruto y secarlos completamente. En las lesiones se observan pequeños puntos oscuros de color rosado que, también, corresponden a los acérvulos. Esta enfermedad ataca a las flores, produciendo una mancha oscura en los pétalos; luego, avanza hasta necrosarlos totalmente. En las ramas se presenta cancros que llegan a rodearlo totalmente y causar la muerte en forma regresiva (Figura 130). Los síntomas en las hojas son semejantes a los causados por la deficiencia de potasio; la carencia de este elemento, junto con otros, predisponen a la planta para el ataque de esta enfermedad.

Nombre de la enfermedad: "Antracnosis" en cocona

Agente causal: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Fase sexual en *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding & v. Schrenk.

Tejidos que infecta: Hojas, frutos y tallos.

Síntomas:

Los daños se producen en los frutos en los que causa pequeñas manchas necróticas, ligeramente hundidas, que se desarrollan hasta alcanzar un diámetro de 1 a 1.5 cm (Figura 131). En las hojas se manchas foliares provocado principalmente por algún tipo de estrés (agua o nutrientes) o por el daño de las raíces por nematodos como *Meloidogyne*.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: *Glomerelalles*

Familia: Glomerellaceae

Género: *Glomerella cingulata*

F. asexual: *Colletotrichum gloeosporioides*

Figura 131. Síntomas de antracnosis en frutos de cocona causado por *Colletotrichum gloeosporioides.*

Nombre de la enfermedad: “Antracnosis” en papaya

Agente causal: *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld y H. Schrenk.

Fase asexual en *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Clasificación:
División: Ascomycota
Clase: Sordariomycetes
Orden: *Glomerelalles*
Familia: Glomerellaceae
Género: *Glomerella cingulata*
F. asexual: *Colletotrichum gloeosporioides*

Tejidos que infecta: Hojas, frutos, tallos y ramas.

Síntomas:

Las lesiones que causa son inicialmente superficiales, son de color rojizo o café claro con una apariencia acuosa, de forma circular, creciendo en forma hundida hasta 2.5 cm o más de diámetro. En el proceso de la enfermedad, se forman masas de conídias de color salmón o rosado-naranja, que forman patrones de anillos concéntricos en toda la lesión (Figura 132); al final, toda la lesión se vuelve de color café oscuro o negro. Varias de estas lesiones pueden crecer juntas y producir una lesión mayor, irregular y compuesta; a pesar de ello, algunas veces cada una mantiene un borde bien definido. Las lesiones se hunden, pero generalmente no profundizan en la pulpa de la fruta. La pulpa de la zona afectada adquiere consistencia corchosa y sabor insípido.

Figura 132. Síntomas de antracnosis em papaya causada por *Colletotrichum gloeosporioides*.

Otro síntoma común de la enfermedad son las lesiones conocidas como “mancha chocolate”, las cuales son de color rojizo-marrón con forma irregular o circular, y de diámetros que van de 1 a 10 mm a través del cual segregan látex, a medida que progresa la enfermedad y la maduración de la fruta se forman las lesiones circulares y hundidas típicas de la enfermedad.

Ciclo patogénico:

Colletotrichum gloeosporioides es un parasito facultativo que tiene varias estrategias de ejercer su parasitismo; se comporta como un patógeno oportunista que infecta los tejidos vegetales, a través de heridas, es invasor de tejidos necróticos (patógeno secundario) y puede ser encontrado en la superficie o en el interior de tejidos aparentemente sanos en estado latente; a los hongos que tienen esta última forma de interrelación con su hospedante, son conocidos como patógenos **quiescentes**.

Sobre los tejidos infectados, *Colletorichum* produce una gran cantidad de acérvulos donde las masas de conídias (Figura 132), se mantienen unidas por una sustancia viscosa que es seca y dura cuando el clima es seco; pero en condiciones de lluvia, la masa viscosa se diluye liberando conídias que son diseminadas por el viento o por insectos a grandes distancias.

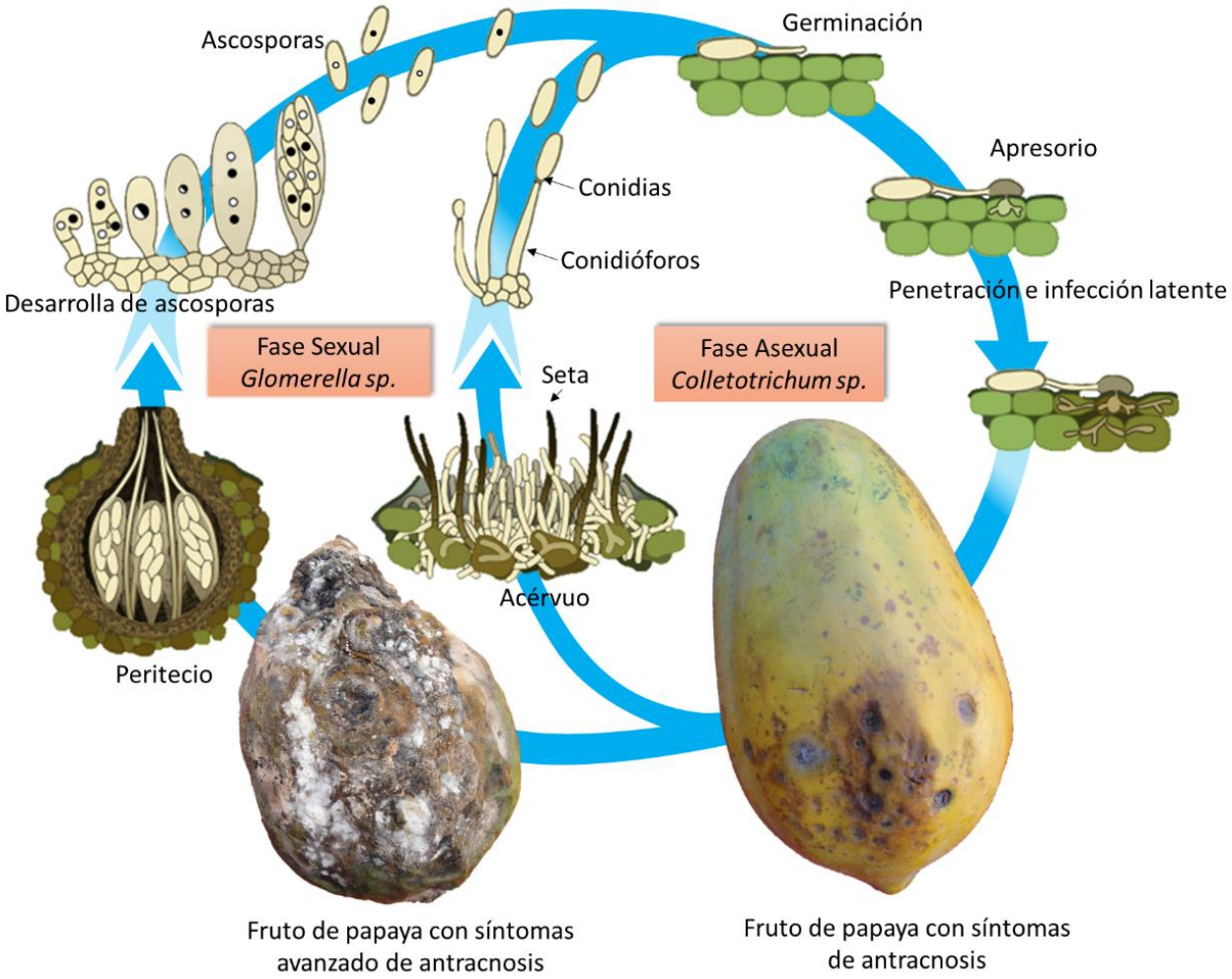


Figura 133. Ciclo patogénico de *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya. Adaptado de D. D. De Silva et al.(2017).

La infección puede ocurrir directamente por las estomas o a través de su apresorio por presión mecánica en la cutícula.

En frutas y hortalizas la infección por lo general ocurre cuando estos órganos están en desarrollo (ejemplo frutos verdes), en esta condición de desarrollo del tejido del hospedante *C. gloesporoides* se comporta como un patógeno hemibiotrófico (primero biotrófo luego necrótrofo).

En la fase biotrófica, las hifas invaden las células de la epidermis produciendo vesículas de infección en la epidermis y el mesófilo. En esta fase, la infección se mantiene latente donde la expresión visible de los síntomas es inexistente hasta el inicio de la fase necrótica. Como ya se mencionó, los hongos que tienen este tipo de comportamiento se les denomina *patógenos queiscentes.* La fase de latencia se debe a la acción de compuestos químicos prexistentes en los tejidos del hospedante que inhibe en proceso de colonización de todos tejidos circundantes al punto de infección.

La fase necrotrófica, se inicia cuando las hifas secundarias invaden las células de la epidermis y del mesófilo secretando enzimas que necrosan los tejidos invadidos, iniciándose el proceso de expresión de síntomas que se acelera a medida que la madurez avanza (Figuras 127, 129 al 133).

Los tejidos infectados, son invadidos por otros hongos oportunistas, los cuales aceleran la degradación y descomposición de todo el fruto; en este momento, se inicia la formación de micelios que darán origen a las estructuras sexuales, que originarán la formación de la fase sexual que corresponde al género *Glomerella* sp.; sin embargo, en la mayoría de los casos, esta fase no se forma. En la Figura 133, se describe en ciclo patogénico de *C. gloesporioides* en frutos de papayo.

Enfermedades Quiescentes

Las infecciones quiescentes o latentes son enfermedades de postcosecha. Una vez que el hongo penetra a la capa exterior del fruto en estado verde, permanece allí en estado de quiescencia o dormancia, hasta que ocurren cambios fisiológicos en la superficie del fruto. Estos cambios proporcionan las condiciones adecuadas para permitir una segunda fase de infección y colonización de los tejidos, iniciándose así la manifestación de síntomas y la producción de estructuras propagativas. En la Figura 134, se esquematiza la secuencia de infección, estado de quiescencia y desarrollo de la enfermedad de patógenos que tienen esta estrategia de infección. Entre los patógenos descritos como quiescentes, se citan a: *Colletotrichum, Botritys, Guignardia* y *Monilinia*.

En frutos de palto y mango se han descrito los mecanismos por los cuales *C. gloesporoides* se comporta como un patógeno queiscente. La cáscara de los frutos de mango al estado verde tiene altas concentraciones de un compuesto fenólico denominado Resorcinol que inhibe el crecimiento del micelio; pero a medida que el fruto inicia el proceso de madurez la concentración del resorcinol disminuye con lo cual el micelio puede colonizar el tejido liberando toxinas que producen su necrosamiento con la finalidad de formar sus unidades propagativas e iniciar nuevos ciclos de infección. En frutos de palto se ha identificado al Diene que cumple la misma función del Resolcinol en mago. En frutos de plátano, banano y papaya se asocia que la formación del etileno activa el crecimiento y desarrollo de este patogéno.

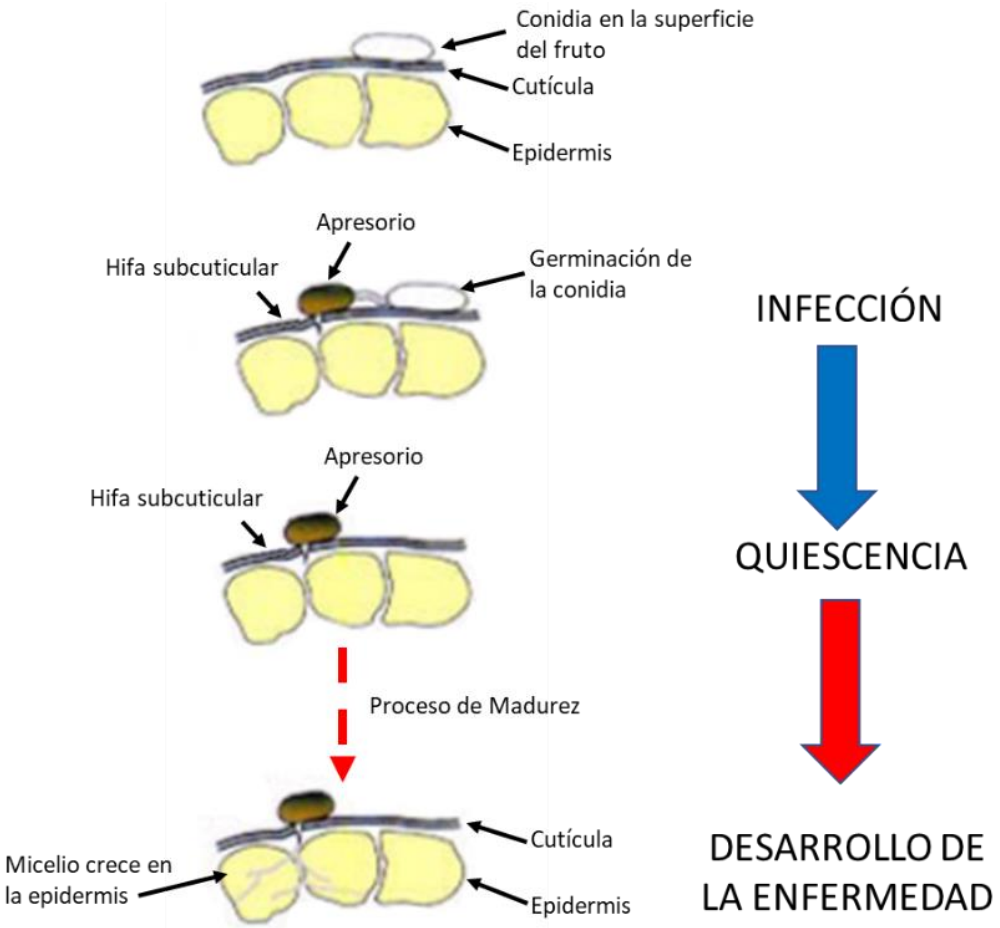


Figura 134. Esquema de infección de un patógeno quiescente (*Colletotrichum gloeosporioides*).

10.5.9 Orden: Diaporthales

Los integrantes de este orden se caracterizan por poseer peritecios de color negro que pueden estar inmersos en un estroma, agregados o no. Las ascas son unitunicados con ocho ascosporas, que pueden ser hialinas, con un septo, elipsoidales o elongadas, o ser grandes multiseptadas, de color oscuro. Las estructuras del estado anarmórfico, se encuentran en el mismo estroma en el que están los peritecios. Algunas son parásitos importantes de cultivos agrícolas, mientras que otras son parásitos de humanos. En este orden se ubican diez familias, de las cuales los Diaphorthaceae son importantes, desde el punto de vista fitopatológico.

Familia: Diaporthaceae

Esta familia agrupa a cinco géneros y aproximadamente 335 especies. El más importante es el género *Diaporthe,* el cual causa cancros y volcamiento de plántulas en muchos

cultivos. Su fase asexual se encuentra en *Phomopsis* sp. En la Figura 135, se muestran las estructuras morfológicas de *Diaporthe* sp. y *Phomopsis* sp.

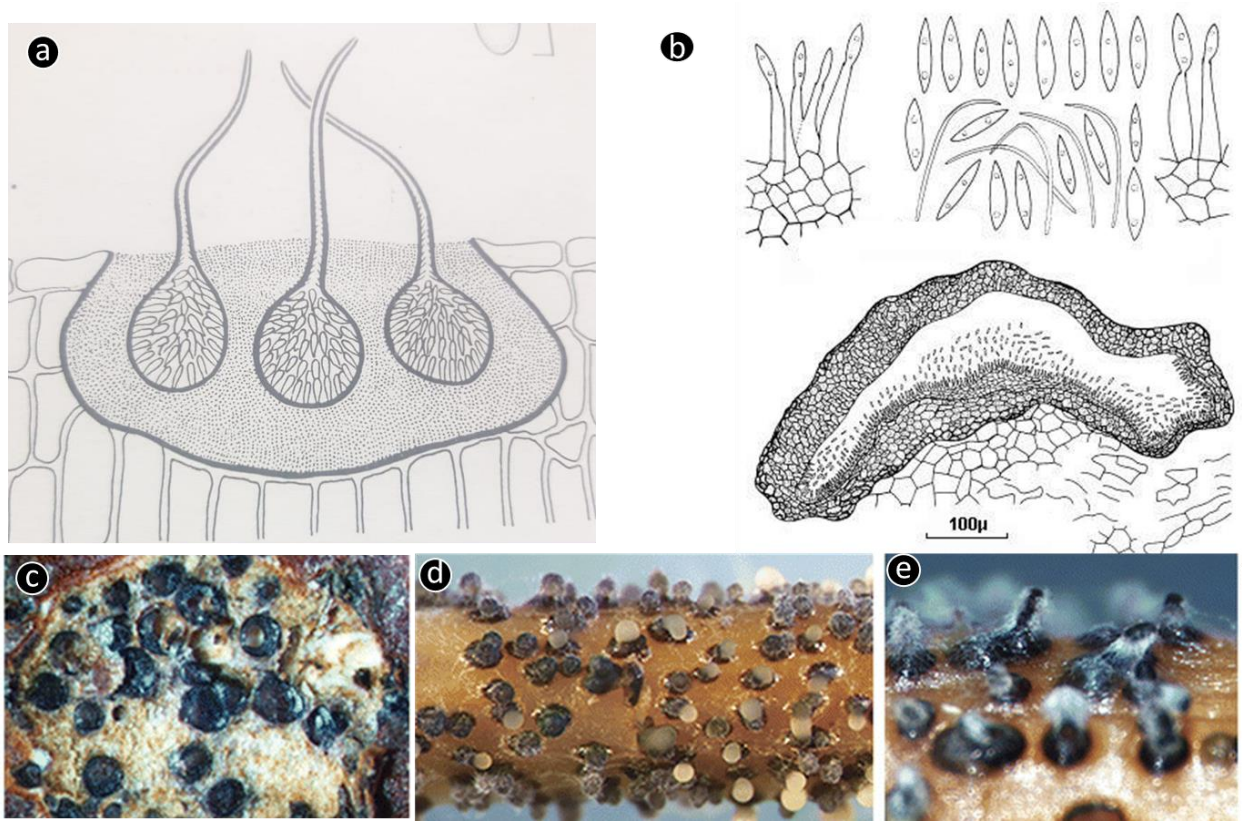


Figura 135. Peritecios de *Diaporthe citri* (a y c). Picnidias y conídias de *Phomopsis citri* (b, d y e) fase asexual de *Diaporthe* sp. Fuente: Gopal et al. (2014) y http://www.idtools.org/id/citrus/diseases/.

Nombre de la enfermedad: "Melanosis" - cítricos

Es de escasa importancia y se manifiesta principalmente sobre los frutos en condiciones de almacenamiento.

Agente causal: *Diaporthe citri* Wolf.

Fase asexual en *Phomopsis citri* Fawcett.

Tejidos que infecta: hojas jóvenes, brotes, tallos y frutos.

Sintomatología:

En hojas: Los primeros síntomas son puntos pequeños de color rojizo a marrón, rodeados de halos cloróticos. Luego desaparecen y se desarrollan síntomas semejantes a pústulas (Figura 136).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Diaporthales

Familia: Diaporthaceae

Género: *Diaporthe citri*

F. asexual: *Phomopsis citri*

Figura 136. Síntomas de melanosis en hojas de cítricos causado por *Phomopsis citri.*

En frutas: sobre la superficie se desarrollan lesiones de color rojizo a marrón y una textura áspera. Si la fruta se infecta cuando es pequeña, las lesiones pueden cubrir casi toda la fruta; en cambio, si la infección ocurre en frutos desarrollados, las lesiones son pequeñas y poco notorias (Figura 137). Las toronjas y los limones son los más susceptibles a esta enfermedad.

Figura 137. Síntomas de melanosis en frutos de cítricos causado por *Phomopsis citri.* Fuente: https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/PP/PP29900.pdf

Nombre de la enfermedad: "Pudrición acuosa del fruto" en papaya.

Agente causal: *Diaporthe* sp.

Su fase asexual se encuentra en *Phomopsis cariacae-papayae* Petr. y Cif.

Tejidos que infecta: frutos

Síntomas:

En el fruto causa, inicialmente, manchas redondeadas de consistencia blanda que luego son cubiertas por una masa micelial de color blanco (Figura 138).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Diaporthales

Familia: Diaporthaceae

Género: *Diaporthe sp.*

F. asexual: *Phompsis cariacae-papayae*

El área infectada presenta depresiones y ablandamiento de la lesión; las cuales pueden expandirse y llegar hasta la cavidad donde se encuentran las semillas. Las picnidias oscuras, suelen formarse a los 07 días después de la infección, sobre el tejido infectado; los síntomas iniciales son semejantes a los causados por *Colletotrichum* (Figura 132), pero las diferencias son notorias. El tejido infectado se vuelve blando y húmedo; sin embargo, no produce secreciones acuosas como en el caso de la pudrición por *Rhizopus*.

Figura 138. Síntomas de lesiones hundidas blando y húmedo causado por *Phomopsis cariacae-papayae* en frutos de papayo.

Familia: Gnomoniaceae

Nombre de la enfermedad: “Muerte del brote”/ “muerte descendente” del café

Agente causal: *Didymella* sp.

Su fase asexual se encuentra en *Phoma costarricenses* Echandi, fase en que la enfermedad causa el mayor impacto.

Tejidos que infecta: Brotes y hojas

Síntomas:

Causa lesiones necróticas en las hojas tiernas de los brotes, y la forma e intensidad de las lesiones varía, según la variedad y condiciones de clima. Las variedades que tienen genes timor (híbridos como

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Diaporthales

Familia: Gnomoniaceae

Género: *Didymella* sp.

F. asexual: *Phoma costarricenses*

Catimor, Gran Colombia y otros), son más susceptibles; además, son enfermedades predominantes de las zonas que están por encima de los 1200 msnm, es decir, zonas altas.

En las hojas de las guías, las lesiones iníciales se presentan como pequeñas manchas necróticas en toda la lámina foliar (Figura 139 a) que ocasionan, rápidamente, su necrosamiento. En cuanto a las infecciones en hojas más desarrolladas, las lesiones necróticas se producen desde del borde, ápice o base de la lámina foliar ocasionan su deformación y necrosamiento total (Figura 139 b y 140 a). Las manchas necróticas individuales se desarrollan en tenues anillos concéntricos y en ellos, se forman numerosas picnidias en el haz y envés (Figura 139 c).

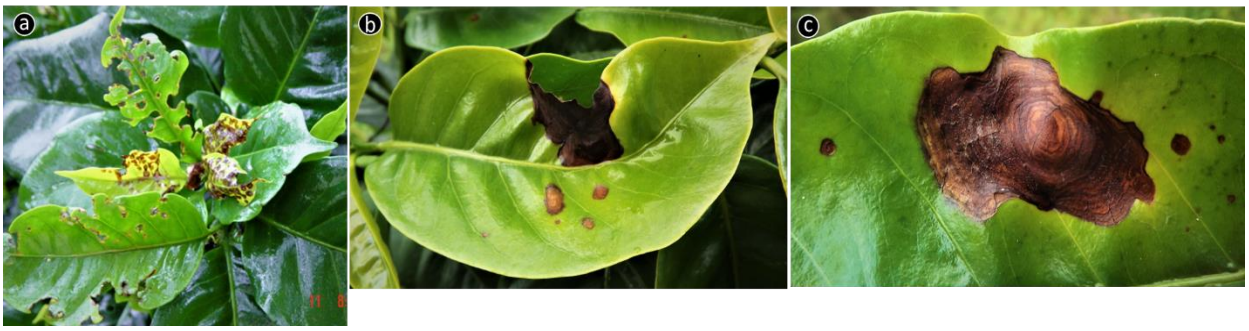


Figura 139. *Phoma costarricenses* en café. Síntomas en brotes (a). Deformación de hojas (b). Mancha foliar típica (c).

El necrosamiento de las hojas causa la muerte de los brotes, lo cual activa el crecimiento acelerado de las yemas laterales al romperse la dominancia apical; asimismo, las yemas laterales también son necrosados y originan la emergencia de otras yemas que, en conjunto, dan la apariencia de una roseta o penacho de brotes necrosados (Figura 140).

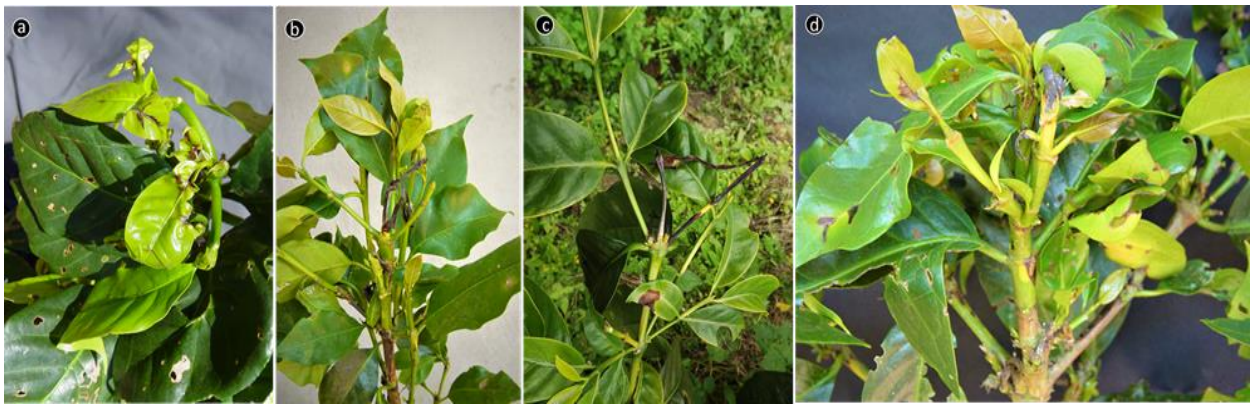


Figura 140. Síntomas de *Phoma costarricenses* en brotes de café. Quemaduras de brotes (a, b y c). Síntomas de arrocetamiento (d).

En frutos la enfermedad se presenta, durante su formación, las manchas necróticas llegan a cubrirlos totalmente, y es donde se forman abundantes cantidades de picnidias.

Ciclo patogénico:

Las conídias de *Phoma,* diseminadas por el viento infectan a las hojas por las estomas, por las heridas causadas durante el manejo del cultivo o las heridas realizadas por los insectos picadores chupadores.

Los primeros síntomas de la enfermedad en las hojas se manifiestan entre los 4 a 9 días después de la infección y corresponden a pequeñas manchas cloróticas de forma irregular; luego, estas se necrosan hasta formar grandes áreas necróticas y, sobre esas áreas, se forman picnidias entre los 48 a 72 días después de la infección, favorecidos por la humedad de las lluvias o baja nubosidad del sitio del cultivo. La enfermedad se presenta, principalmente, en cafetales de zonas altas, encima de los 1200 msnm. Las picnidias son diseminados, principalmente, por el viento. La fase sexual que corresponde a *Didymella* no juega un rol significativo en la patogénesis de esta enfermedad. En la Figura 141 se grafica su ciclo patogénico.

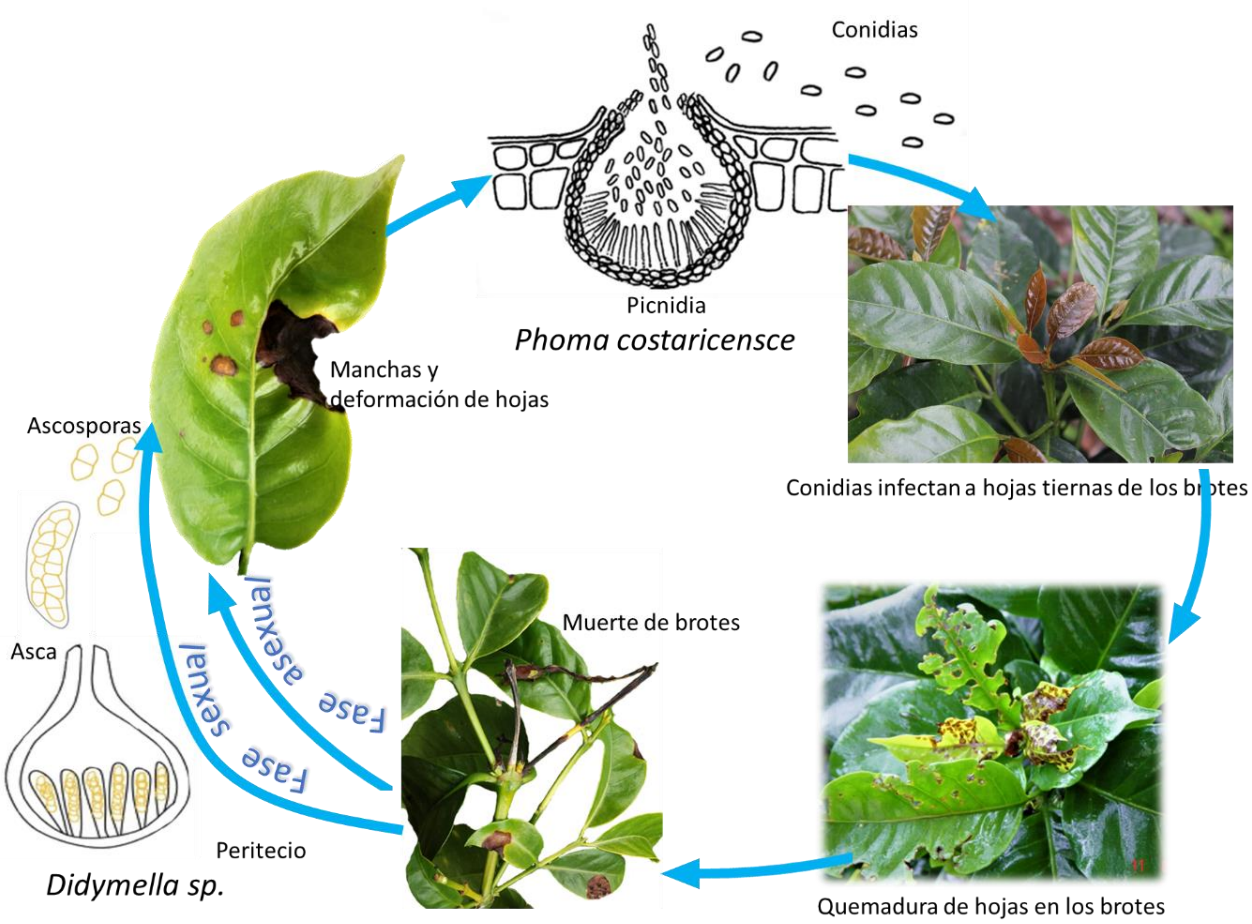


Figura 141. Ciclo patogénico de *Phoma costarricenses* en brotes de café.

10.5.10 Orden: Magnoporthales

Ubicación incierta.

Familia: Magnaporthaceae

Comprende 13 géneros y 93 especies. Los hongos de esta familia se caracterizan por presentar peritecio sin estroma de color negro, cuello largo, y presenta perifisas y parafisas de pared delgada. Los peritecios se encuentran inmersos en el tejido de las raíces y tallos de gramíneas; tienen una amplia distribución geográfica.

El género *Magnaporthe oryzae* (Syn: *Magnaporthe grisea*), causa la enfermedad del añublo del arroz, enfermedad muy extendida que ocasiona enormes pérdidas en este cultivo. Su estado anamórfico o asexual es *Pyricularia grisea,* que causa la enfermedad del "quemado" del arroz, la cual una de las principales enfermedades en todo el mundo. En la Figura 142, se muestran sus estructuras morfológicas en la fase sexual (ascógena) y asexual (conidial).

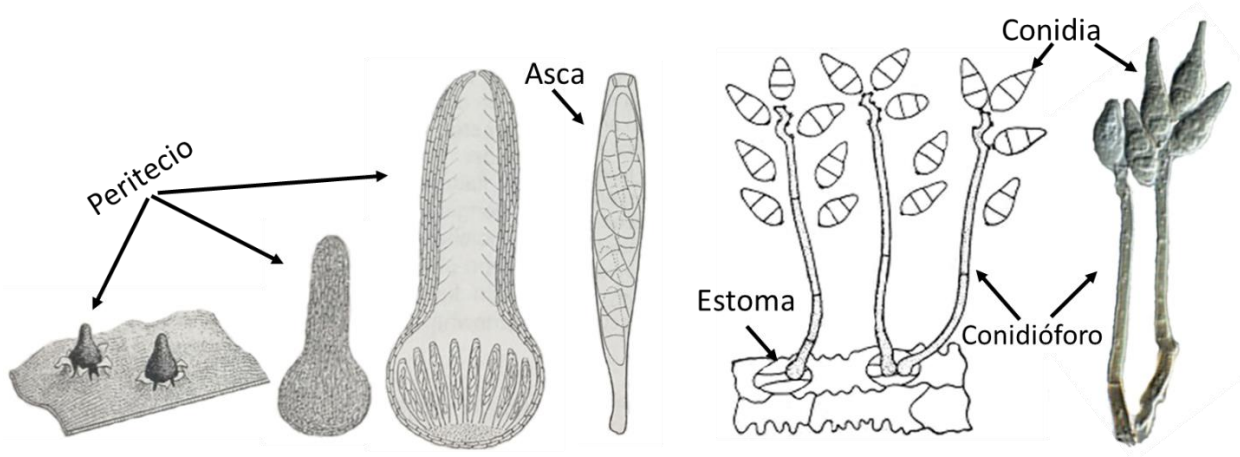


Figura 142. Estructuras de *Magnaporhte oryzae* (fase ascógena) y su correspondiente fase asexual en *Pyricularia grisea*.

Nombre de la enfermedad: "Anublo", "brusone", "quemado" o "tumbado" del arroz.

Agente causal: *Magnaporthe oryzae* (Hebert) Barr.).

Fase asexual en *Pyricularia grisea* Sacc. (Syn: *Pryricularia oryzae* Cavara.).

La enfermedad causa el mayor daño en su fase asexual.

Tejidos que infecta: hojas, tallos, panoja y grano.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Magnaporthales

Familia: Magnaporthaceae

Género: *Magnaporthe oryzae*

F. asexual: *Pyricularia grisea*

Síntomas:

En las hojas, el síntoma se inicia con un punto de color castaño, con halo más claro, que se desarrolla hasta formar una mancha que al principio es ovalada a circular de 2-3 mm de diámetro y, después, se vuelven romboidales con los extremos alargados, a medida que progresa la necrosis (Figura 143). El tamaño de las manchas varía de acuerdo con la edad y resistencia de la variedad.

Figura 143. Síntomas de manchas foliares causados por *Pyricularia grisea*, fase asexual de *Magnaporthe oryzae*.

En el tallo, las manchas se localizan en los nudos; estas manchas, tienen un aspecto húmedo y pasan del color castaño a casi negro, estrangulando internamente a la caña, de esta manera, causan el tumbado de la panícula por el peso y por acción del viento (Figura 144).

Figura 143. Síntomas causados por *Pyricularia grisea* en tallos de arroz.

En los granos de la panícula se producen lesiones oscuras y los granos son vacíos o deficientemente llenos (Figura 145). La necrosis, en el nudo ciliar, causa la caída de toda

la panícula. Las infecciones tardías solo causan la necrosis de la cáscara de los granos, pero afecta la calidad visual al mancharlos visibles aun después del beneficio. El manchado de los granos también es asociado al ataque de otros fitopatógenos como *Bipolaris, Sarocladium, Curvularia, Fusarium, Periconia,* entre otros; también es asociado al daño de insectos plaga y efectos de toxicidad de elementos en el suelo; por ello, es importante realizar un buen proceso de diagnóstico.

Figura 145. Síntomas causados por *Pyricularia grisea* en panícula y granos de arroz.

Ciclo patogénico

El ciclo patogénico es complicado al poseer tanto la fase sexual como la asexual, pero en la naturaleza predomina la fase asexual que corresponde a *Pyricularia grisea*. En la Figura 146, se grafica los principales eventos involucrados a su ciclo.

El inoculo inicial pueden ser las ascosporas (fase sexual) que se producen en los restos de cosecha, o las conídias (fase asexual), formadas en las hojas infectadas de las malezas pertenecientes a las gramíneas que crecen dentro o fuera del campo de cultivo. Estas estructuras son diseminadas por el viento y son depositados sobre las hojas de arroz (1). Su adhesión a ella se produce por la secreción de un mucílago que está compuesto de proteínas, carbohidratos y lípidos. Para la germinación de la conídia, se necesita agua libre sobre la superficie de la hoja; esta germinación ocurre desde la célula central en aproximadamente, dos horas. El apresorio penetra y, a partir de ella, se desarrolla una hifa primaria que se ramifica inter e intracelularmente.

A medida que las hifas colonizan, producen toxinas como el ácido tenuázonico y piricularina, a los 4 días después de la infección, causando los síntomas característicos en las hojas (2) o panícula (3). Bajo condiciones de alta humedad, sobre las manchas necróticas y especialmente las hojas, se producirá la esporulación de abundantes estructuras propagativas (conídias) que corresponde a la fase asexual (4). Las conídias serán diseminadas por el viento o gotas de agua hacia nuevos tejidos (5), de manera que se inician nuevos ciclos de la enfermedad. Cada ciclo infectivo se lleva a cabo en 6

a 7 días. Al final de la cosecha, el hongo en los tejidos infectados pasa a formar estructuras de su fase sexual (*Magnaporthe oryzae*) y sobrevive de esa forma hasta la siguiente campaña (6 y 7).Las conídias formadas sobre los tejidos enfermos (4), son también diseminados a camas de almacigo (8, 9 y 10); si no se realiza una buena selección de estas plantas enfermas al momento del trasplante contribuirán al incremento de la enfermedad en la plantación (11).

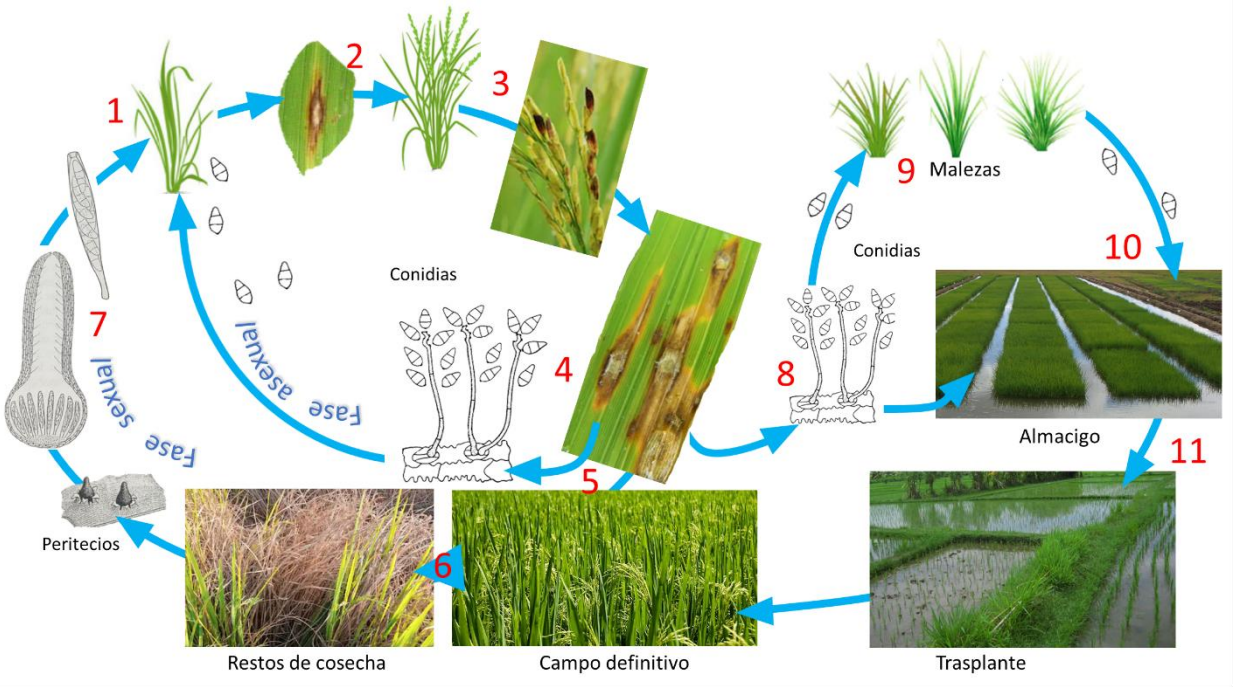


Figura 146. Ciclo patogénico de *Pyricularia grisea* en arroz.

10.5.11 Orden: Ophiostomatales

Este orden se caracteriza por tener peritecios de color negro que, en la mayoría de las especies, presentan un cuello largo, a través del cual las ascosporas son liberadas inmersas en una sustancia pegajosa para facilitar su adhesión al cuerpo de los insectos que actúan como sus vectores. Las ascas son globosas y se disuelven tempranamente en su desarrollo, mientras que las ascosporas son ornamentadas. Comprende una única familia: Ophiostomataceae.

Familia: Ophiostomataceae

Agrupa a hongos generalmente asociados a madera y corteza, donde se comportan como parásitos o descomponedores. No obstante, hay algunas especies con otros modos de vida, incluyendo parásitos de animales y humanos. Suelen vivir relacionados con insectos (generalmente escarabajos) que ayudan a dispersar sus ascosporas.

Nombre de la enfermedad: La grafiosis o enfermedad holandesa del olmo.

Agente causal: *Ophiostoma ulmi* (Buisman.) Nannf. (*Syn: Ceratocystis ulmi*). Su fase asexual se encuentra en *Graphium* sp. (Figura 147).

Síntomas: produce marchitez vascular y la posterior muerte de la planta (Figura 148). En olmos jóvenes, la muerte puede ocurrir en aproximadamente dos meses; mientras que, los árboles más viejos pueden tardar más de dos años.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: *Ophiostomatales*

Familia: Ophiostomataceae

Género: *Ophiostoma ulmi*

F. asexual*: Graphium* sp.

Se transmite por insectos vectores que barrenan los talos de las plantas enfermas, estos corresponden a escarabajos del género Scolytus.

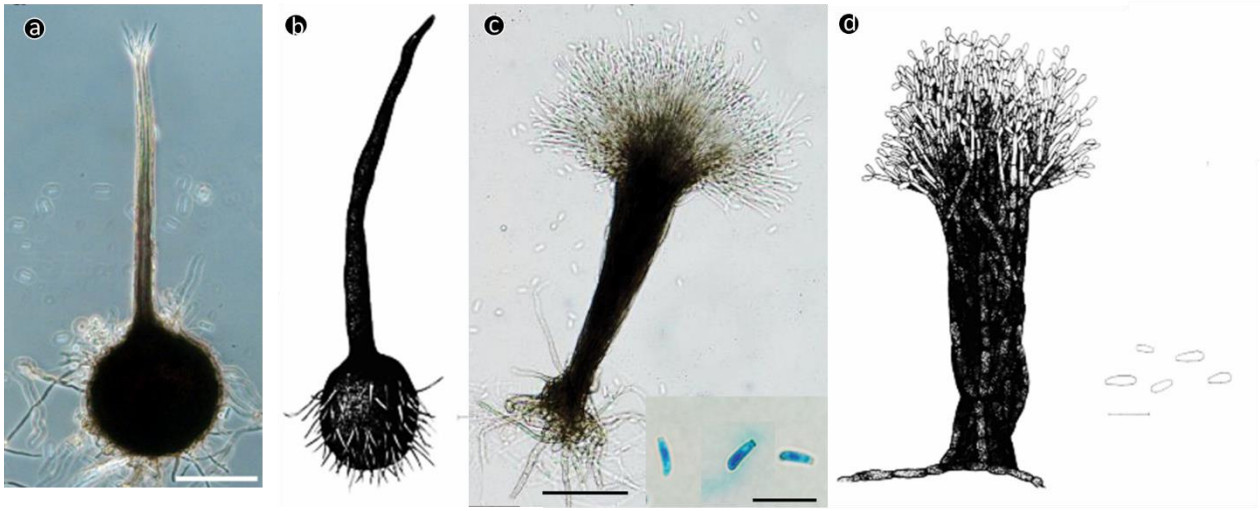


Figura 147. Peritecio de cuello largo de *Ophiostoma ulmi* (a y b). Simema de *Graphium* sp. (c y d), fase asexual de *O. ulmi*. Tomado de: https://mycokeys.pensoft.net/

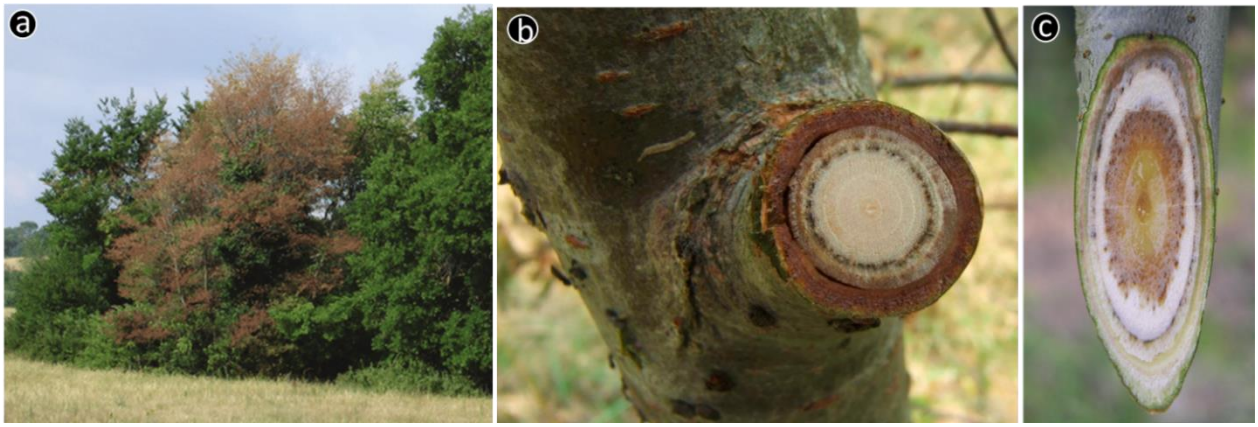


Figura 148. Síntomas de marchitez vascular causado por *Ophiostoma ulmi* en Roble distribuidos en Europa y Estados Unidos. Tomado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=0454017.

10.5.12 Orden: Amphisphaeriales

(Clasificación incierta)

Familia: Amphisphaeriaceae

Agrupa a 47 géneros y aproximadamente 499 especies.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Amphisphaeriales

Familia: Amphisphaeriaceae

Género: *Broomella* o *Pestalosphaeria* sp.

F. asexual: *Pestalotia palmarum* / *Pestalotiopsis palmarum*

Nombre de la enfermedad: "Pestalóptiosis" en Palma aceitera y coco

Agente causal: *Broomella o Pestalosphaeria* sp. Su fase asexual se encuentra en P*estalotia palmarum* Cooke./ *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyaert. Es en esta fase donde ocasiona los mayores daños.

Tejidos que infecta: hojas

Síntomas: los primeros síntomas son pequeñas manchas necróticas rodeadas por un borde amarillo, de aspecto húmedo, en el envés de los folíolos. La lesión aumenta en tamaño y se torna marrón oscuro, que se aclara en los bordes. Al centro de la mancha necrótica, se observan puntitos negros que son correspondientes a los acérvulos del hongo. Las manchas confluyen y gran parte de la lámina foliar se necrosa en más del 95%, especialmente las hojas inferiores (Figura 149). La presencia de esta enfermedad está correlacionada con la presencia de insectos defoliadores, que facilitan la infección por las heridas causadas. Entre los defoliadores destacan: *Sibine*, *Euprosterna*, *Stenoma*, *Oiketicus*, *Calyptocephala* entre otros.

Figura 149. Síntomas de pestalioptiosis en palmera aceitera causados por *Pestalotia palmarum.* Tomado de: Derecho superior: https://alchetron.com/Pestalotiopsis e inferior de Barnett y Hunter (1992).

10.6 Clase Pezizomycetes

10.6.1 Orden: Pezizales

Agrupa a 16 familias y aproximadamente a 199 géneros. Las especies de este orden representan a los típicos discomicetos, es decir, a ascomicetos cuyos ascocarpos son apotecios. Muchas especies de pezizales son saprófitas, pero también están las que forman ectomicorrizas, siendo la más importante las denominadas trufas, las cuales desarrollan sus ascocarpos bajo tierra (ascocarpos hipógeos).

Familia: Tuberaceae

Esta familia agrupa 07 géneros y, aproximadamente, 111 especies. El hongo comestible denominado ***Trufas***, es el más apreciado en la alta gastronomía por su intenso olor perfumado, que le otorga un alto potencial aromatizante y sabor inigualable. Existen, aproximadamente, unas 32 especies de trufas; sin embargo, la más apreciada, por su alto potencial gastronómico, es la trufa negra o trufa de Périgord, que pertenece al género *Tuber melanosporum*. Su forma de ascocarpo se asemeja a un tubérculo irregular, ligeramente redondeado como un globo, que mide entre 3 y 6 cm de diámetro y puede llegar a pesar entre 20 y 200 g. Son hongos hipogeos, es decir que crecen bajo tierra a una profundidad entre 5 y 40 cm. Los ascocarpos son recolectados utilizando perros o cerdos amaestrados que utilizan su olfato para localizar el yacimiento o zona trufera, entre los meses de junio a julio en Europa. *Tuber melanosporum* se asocia a las raíces de árboles como robles, avellanos y encinas, en forma micorrítica, elevando así el área de absorción radicular y nutriéndose del árbol al cual hospedan. En la Figura 150, se presenta la cosecha de las trufas empleando perros y, también, su comercialización en encurtidos. En Europa, mediante internet, se oferta a 500 euros el kilo de trufas.

Figura 150. Cosecha de trufas (*Tuber melanosporum*) asociados simbióticamente a raíces de Roble pubescente empleando el olfato de perros entrenados.

Familia: Sarcoscyphaceae

Agrupa a 13 géneros y más de 103 especies. Los géneros se caracterizan por poseer ascocarpo tipo apotecio de colores brillantes (Figura 151) y son comunes en los trópicos como la amazonia. No tienen importancia fitopatológica.

Figura 151. Especies del Género *Cookenia* sp. Observe la forma y tamaño de los apotecios en forma de copa.

10.7 Clase: Dothideomycetes

Esta clase se caracteriza por poseer como ascocarpo, a los ascostromas, que pueden tener muchos lóculos o uno solo que tiene la apariencia de un cleistotecio. En los lóculos se forman pseudoparáfisis, denominadas así porque crecen en la parte superior hacia abajo y se fusionan en la base. Entre ellos hay fitopatógenos, saprófitos y formadores de líquenes, así como también se ha registrado la existencia de especies acuáticas.

Los ascostroma frecuente contiene ascas bitunicadas. Es la clase de ascomycetes más grande y diversa, ya que agrupa 11 órdenes, 19 familias, 1 300 géneros y alrededor de 19 000 especies conocidas. Desde el punto de vista fitopatológico, el orden Capnodiales es el que tiene importancia económica.

10.7.1 Orden: Capnodiales

Agrupa a 09 familias y aproximadamente 198 géneros. Originalmente, el orden Capnodiales se creó para la familia Capnodiaceae (hongos de la fumagina), pero se amplió con la adición de varias familias que antes se incluían en otros grupos. Ahora, el orden incluye especies saprófitas, endófitas de plantas y líquenes. Las nuevas adiciones incluyen a la familia Mycosphaerellaceae, que causa enfermedades de varios cultivos de importancia económica, dentro de ellas destaca la sigatoka en plátano y banano.

Familia: Capnodiaceae.

Agrupa a 26 géneros, con aproximadamente 117 especies. Son hongos epífitos que viven de los exudados azucarados de insectos parásitos de diversas plantas sobre hojas,

tallos y frutos y se les denomina fumaginas.

Nombre de la enfermedad: Fumagina

Agente causal: *Capnodium* sp.

Fase asexual en *Fumagospora capnodioides* G. Arnaud.

Clasificación
División: Ascomycota
Clase: Dothideomycetes
Orden: Capnodiales
Familia: Capnodiaceae
Género: *Capnodium citri*
F. asexual: *Fumagospora capnodioides*

Capnodium y *Fumagospora,* no son fitopatógenos, son considerados oportunistas, se desarrollan sobre la secreción azucarada que es producida por insectos chupadores como los áfidos, chinches, cóccidos, entre otros que colonizan a la planta. También emplean los exudados azucarados, dado que provocan las picaduras de insectos en las plantas para formar sus micelios superficiales. Tanto la fase sexual (*Capnodium* sp.) como la fase asexual (*Fumagospora* sp.), se presentan bajo condiciones naturales con igual intensidad de daño. *Fumagospora* forma sus conídias en picnidias.

Tejidos que infecta: Sobre cualquier órgano donde se encuentren los insectos picadores-chupadores (Hojas, brotes y flores).

Síntomas:

Sobre las hojas y tallos, las estructuras vegetativas y propagativas forman una película o costra semejante al hollín; sin embargo, esta se desprende fácilmente porque no existe una íntima adherencia entre dicha película y la epidermis de la hoja, puesto que el hongo nunca penetra en los tejidos de la planta. A pesar de ello, esta película reduce la fotosíntesis, la respiración y la transpiración de la planta, lo que provoca una disminución en la producción (Figura 152). El exceso de follaje y la escasa aireación favorecen el desarrollo de estos hongos. La presencia de hormigas en las plantas, atraídas por las sustancias azucaradas de los insectos picadores chupadores, también contribuyen en la diseminación del hongo cuando se adhieren las conídias a sus cuerpos.

Familia Mycosphaerellaceae

En esta familia se han descrito 53 géneros y más de 6 033 especies. El género *Mycosphaerella,* destaca por su importancia patogénica. Los lóculos en los ascostromas, tienen la apariencia de un peritecio, por lo que se les denomina pseudoperitecio; además, no forman parafisas. Sus ascas cilíndricas bitunicadas y ascosporas bicelulares. Según la clasificación taxonómica de Lifemap-NCBI (http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/?tid=681950), esta familia pertenece al orden Mycosphaerellales.

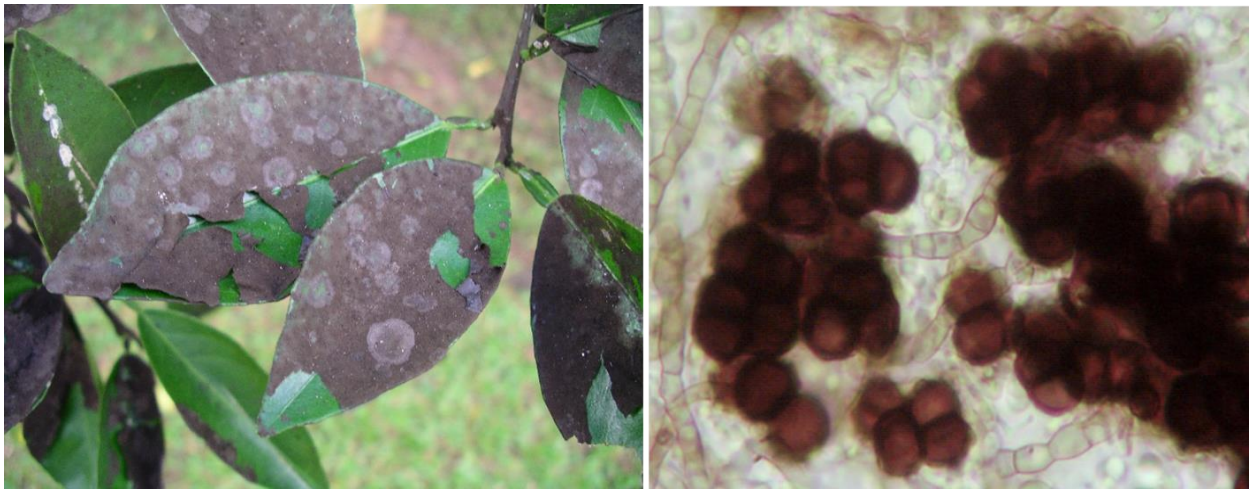


Figura 152. Aspecto de la fumagina en causado en su asexual como *Capnodium citri.* sobre hojas de cítricos y vista de sus estructuras en el microscopio.

Mycosphaerella

Se han descrito más de 2 000 especies, reportándose como estados conidiales a *Cladosporium, Cercospora, Pseudocercospora, Septoria y Ramularia*. En el Cuadro 7, se enlista a algunas especies de *Mycospaherella,* con sus respectivos géneros, en su fase conídica (fase asexual), y la enfermedad que causa cada uno de ellos.

Cuadro 7. Especies de *Mycosphaerella*, su correspondiente fase conídica y enfermedades que causa en cultivos agronómicos.

Fase ascogena	Fase conídica	Enfermedad que causa
Mycosphaerella graminicola	*Septoria tritici*	Mancha foliar del trigo
Mycosphaerella brassicicola	*Asteromella brassicae*	Anillo necrotico en brassicas
Mycosphaerella tassiana	*Cladosporium herbarum*	Pudrición seca frutos de cítricos
Mycosphaerella berkeleyi	*Passalora personata*	Defoliacion del mani
(No conocido)	*Cercospora beticola*	Mancha foliar de al beterraga
Mycosphaerella fijiensis	*Paracercospora fijiensis*	Sigatoka negra del banano
Mycosphaerella musicola	*Pseudocercospora musae*	Sigatoka amarilla del banano

Fuente: Webster y Weber, 2007.

La enfermedad representativa de esta familia, en el cultivo de plátanos y bananos, es el complejo “Sigatoka”, denominado así porque se ha identificado dos tipos: Sigatoka amarilla y Sigatoka negra. Estas dos enfermedades se diferencian por los síntomas que producen, características morfológicas y año de reporte de su ingreso al Perú. A continuación, se describen estas dos enfermedades.

Nombre de la Enfermedad: "Sigatoka amarilla"

Fue reportado por primera vez, en 1902, en la isla de Java (valle de Sigatoka) perteneciente a Asia. Se estima que ingresó a Perú a partir de 1945.

Agente causal: *Mycosphaerella musicola* Leach.

Su forma asexual se encuentra en *Pseudocercospora musae* (Zimm) Deighton.

Tejidos que infecta: Solo hojas.

Clasificación

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaeerellaceae

Género: *Mycosphaerella musicola*

F. asexual: *Pseudocercospora musae*

Síntoma: el primer síntoma observable son pequeñas estrías cloróticas entre las nervaduras del haz a partir de la segunda a cuarta hoja distante de la hoja vela. Las estrías se alargan hasta convertirse en manchas necróticas de color marrón a negro, rodeadas de un halo clorótico, adquiriendo una forma elíptica alargada de 12 a 15 mm de longitud y de 2 a 5 mm de ancho. Estados avanzados de la enfermedad, causan el necrosamiento de toda la lámina foliar por la unión de cada una de las manchas necróticas (Figura 153).

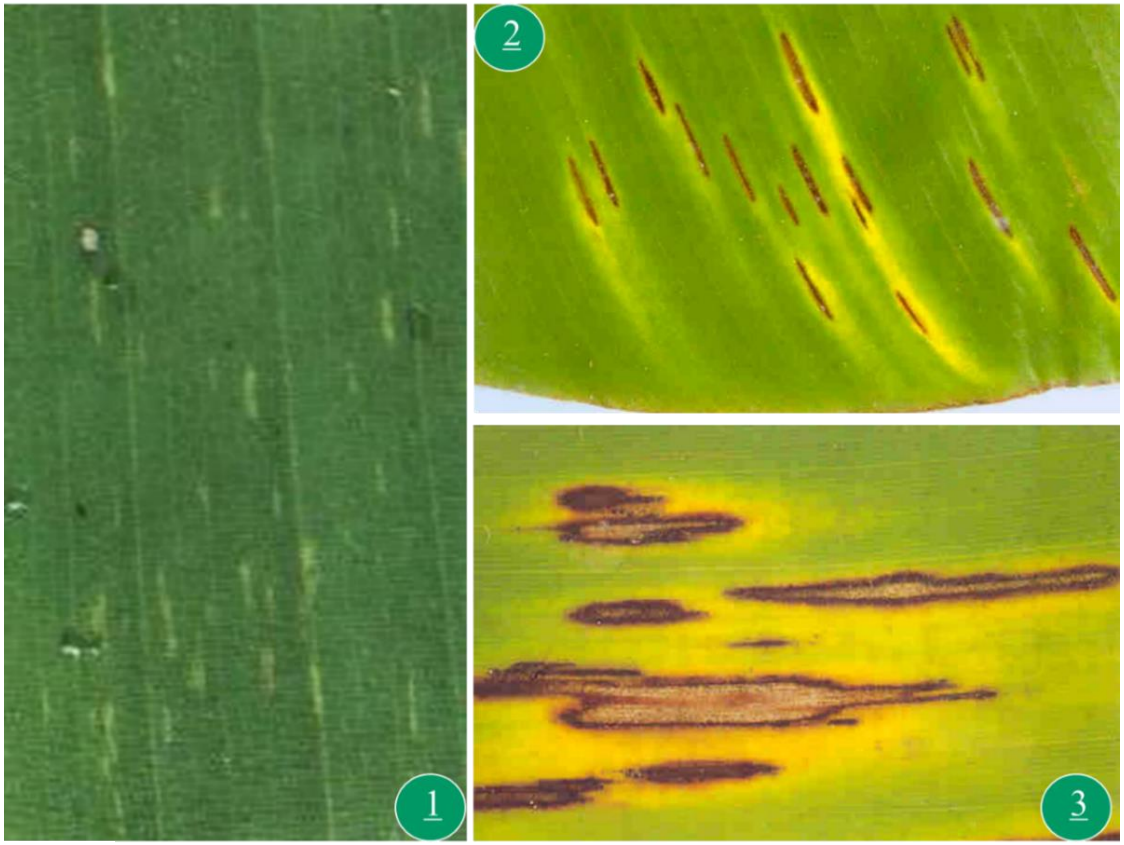


Figura 153. Síntomas causados por *Mycosphaerella musicola* en su fase conidial (*Pseudocercospora musicola*). (1) clorosis observable solo en el haz. (2) síntomas de manchas necróticas rodeadas de halos amarillos. (3) Manchas necróticas con abundante producción de esporodoquios en el envés de las hojas.

Nombre de la Enfermedad: "Sigatoka negra"

Fue reportado por primera vez, en 1962, en las Islas de Fiji, distrito de Sigatoka en Asia.

Agente causal: *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

Su fase asexual se encuentra en *Paracercospora fijiensis* Moreleth (Deighton).

Tejidos que infecta: Hojas lanceoladas del hijuelo y hojas de la planta.

Síntoma:

Pizcas de color rojizo carmelita que aparecen en el envés de la hoja, se alargan y se convierten en manchas pardo-rojizas que, luego, se agrandan y forman manchas necróticas. Esta enfermedad, a diferencia de la sigatoka amarilla, tiende a presentar una apariencia más oscura y es más agresiva, especialmente, en cultivares del banano (Figura 154). Los primeros síntomas se notan en la tercera a cuarta hoja (Figura 154 - 1).

División Ascomycota

Subfilum Pezizomycotina

Clase: Dothideomycetes

Subclase: Dothideomycetidae

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaeerellaceae

Género: *Mycosphaerella fijiensis*

F. asexual: *Paracercospora fijiensis*

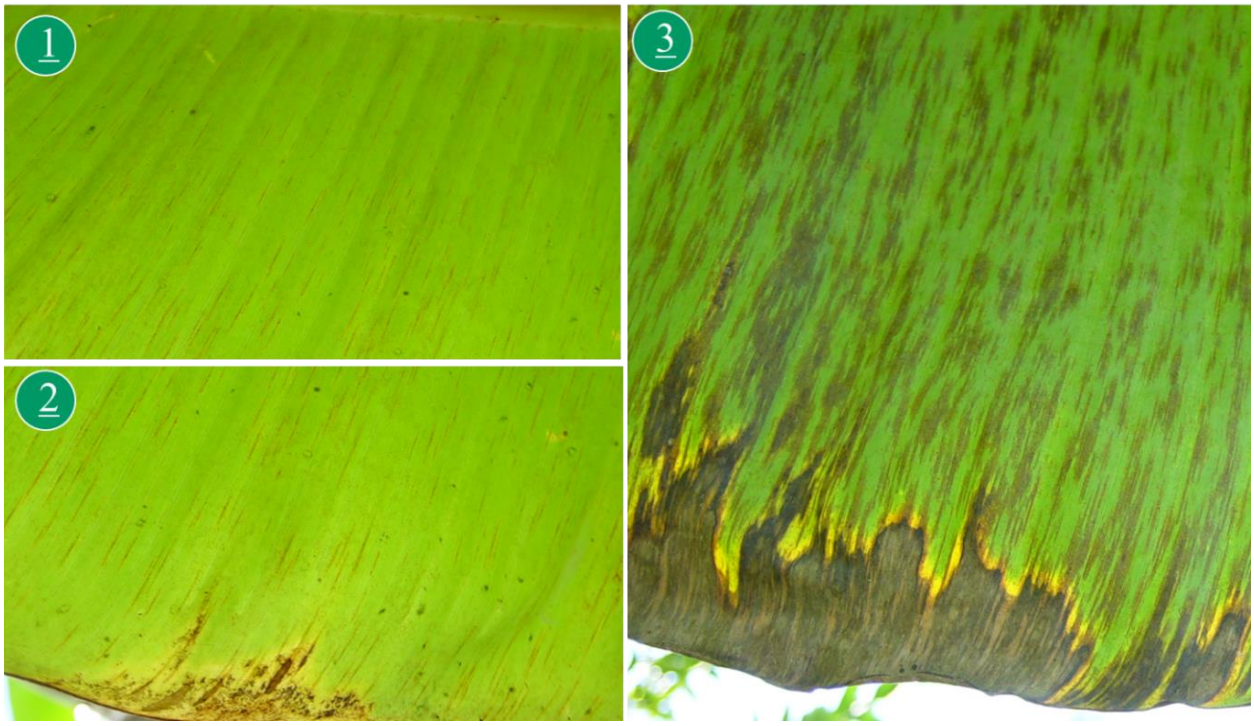


Figura 154. Síntomas causados por *Mycosphaerella fijiensis* en su fase conidial (*Paracercospora fijiensis*). (1) estrías marron rojiza observable solo en el envés. (2) estrías necróticas que se unen unos a otros sin rodearse de halos cloróticos en forma individual. (3) manchas necróticas de color negro intenso que se rodea de un halo amarillo.

Mycosphaerella fijiensis, a diferencia de *M. musicola,* usualmente afecta a las hojas lanceoladas de los hijuelos no independizados de las plantas madre; por lo tanto, posibilita el movimiento de la enfermedad de áreas afectadas a áreas libres de la enfermedad, cuando no se adoptan medidas de cuarentena. Esta medida ya no tiene aplicabilidad en la selva porque ya se encuentra diseminada en todas las regiones desde su introducción al Perú en 1994.

En el Cuadro 8, se muestra las principales características existentes entre la sigatoka amarilla y negra.

Cuadro 8. Características morfológicas y sintomatológicas diferenciales de la sigatoka amarilla y negra.

Sigatoka amarilla	Sigatoka Negra
conidióforos en esporodoquio y estroma oscuro.	conidióforos simples o pequeños grupos (2-8). Esporodoquio y estroma ausente.
Esporulación en ambas caras de la lesión.	Esporulación, mayormente, en la cara de la lesión necrótica inferior de la hoja.
Producen manchas necróticas marrón con halo amarillo.	Producen manchas necróticas marrón oscuro a negro.
Por cada estoma emerge un esporodoquio (2 mm^2 = 7estomas).	2.5 conidióforos/estoma.
Liberación, mayormente, por el aire, aunque pueden liberarse en las gotas de rocío.	Dependiente de las gotas de agua, lluvia y rocío que corren por las manchas.
Las conídias no tienen cicatriz.	Las conídias tienen cicatriz (hilum), en el lado donde se une al conidióforo.
Conídia cilíndrica o obclavata.	Obclavata a cilíndrica.
10 a109 x 2 a 6 micras de longitud.	30 a132 x 2.5 a 5 micras longitud.
Ciclo de la enfermedad de 19 a 45 días.	De 14 a 36 días.

Las diferencias morfológicas, para determinar si es sigatoka negra o amarilla, solo se pueden establecer en la fase conidial. Tales diferencias se muestran en la Figura 155 y Cuadro 8. En el estado sexual (*Mycospaerella*), no es posible identificar diferencias morfológicas.

Bajo condiciones de campo, la sigatoka negra y amarilla se encuentran presentes; sin embargo, predomina la sigatoka negra por ser más agresiva y prevalente (Figura 156).

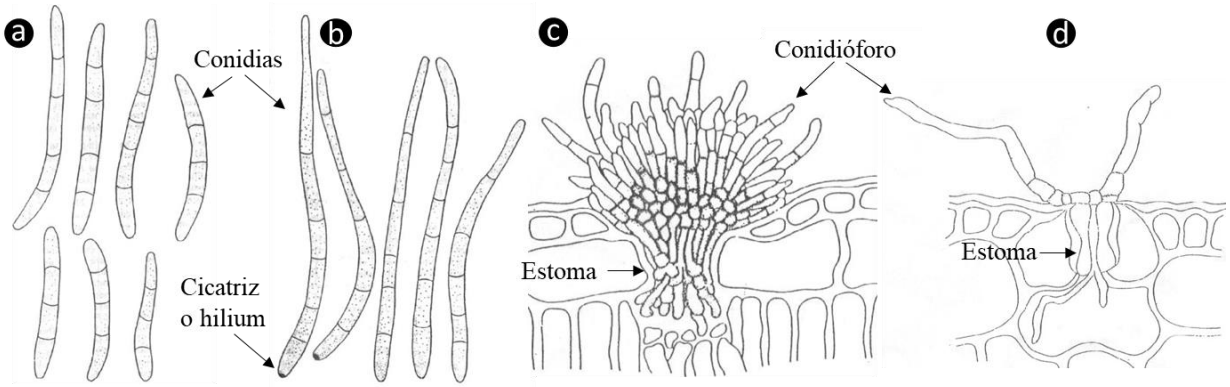


Figura 155. Forma de las conídias y conidióforos de *Mycosphaerella* sp. en su estado asexual. Conídias de forma cilíndrica y conidióforos en esporodoquio de *Pseudocercospora* (a y c). Conídias de forma obclavata y conidióforos en cluster de *Paracercospora* (b y d). Los conidióforos emergen a través de las estomas.

Figura 156. síntomas de sigatoka negra en plátano de la variedad bellaco.

Ciclo patogénico:

Los agentes causales de la Sigatoka negra y amarilla producen dos tipos de estructuras propagativas: ascosporas y conídias. Las ascosporas se producen en las hojas secas, y las conídias en las hojas en proceso de desarrollo de la enfermedad. La hoja bandera es el tejido de máxima susceptibilidad para la infección, y eso se debe a que expone, directamente, el haz de la hoja donde se encuentran los estomas. Para la germinación, de las conídias o ascosporas, es necesario la existencia de agua líquida sobre la hoja; asimismo, la germinación ocurre entre 2 a 6 horas. Las conídias de *Pseudocercopora,* se forman en estromas que emergen por los estomas; en cambio, en *Paracercospora*, los conidióforos se forman en pequeños grupos de 3 a 8 conidióforos (clúster). El mejor agente de diseminación es el viento. En la Figura 157, se describe su ciclo patogénico.

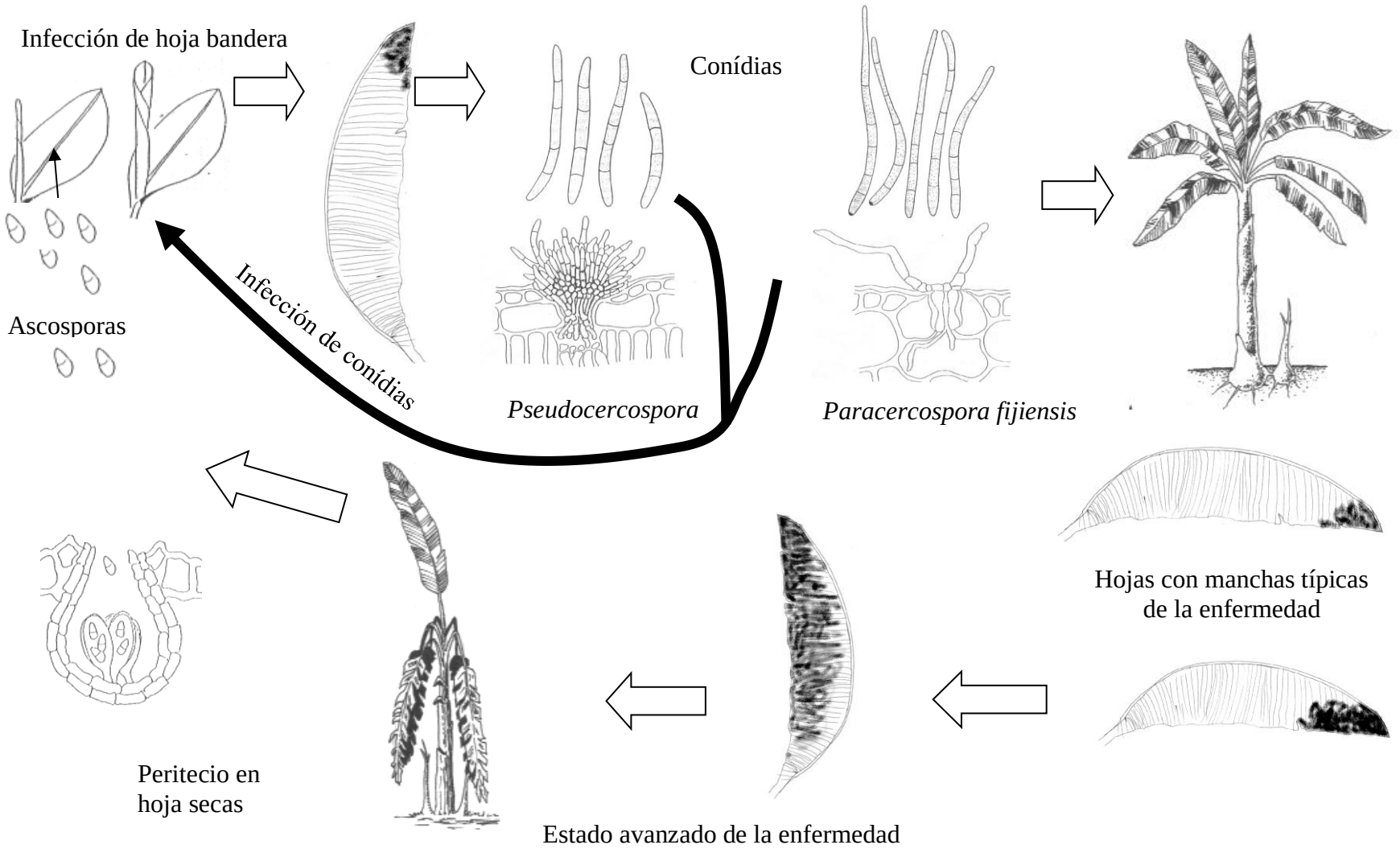


Figura 157. Ciclo de la sigatoka negra (*Paracercospora fijiensis*) y amarilla (*Pseudocercospora musae*) del plátano

Nombre de la Enfermedad: "Mancha grasienta" - cítricos.

Agente causal: *Mycosphaerella citri* Whiteside.

Su fase asexual se encuentra en *Stenella citri-grisea (syn. Cercospora citri-grisea).*

Tejidos que infecta: hojas y frutos.

Síntoma:

División Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaeerellaceae

Género: *Mycosphaerella citri*

Fase asexual: *Stenella citri-grisea*

En hojas: el primer síntoma es una pequeña mancha amarilla en el haz de la hoja, coincidiendo en el envés con una ligera ampolla de un color entre naranja claro y amarillo; posteriormente, las zonas afectada se vuelven de color pardo oscuro a negro y tienen apariencia aceitosa. Por lo general, estos síntomas se desarrollan de 3 a 4 meses después de la infección. Las hojas pueden caerse antes de que las manchas desarrollen la apariencia grasosa (158).

En frutos: causa la caída prematura de los frutos, los síntomas consisten en puntos negros de aspecto grasiento. En la mayoría de los frutos, de las distintas variedades, los síntomas son casi imperceptibles.

Los síntomas de esta enfermedad se pueden confundir con los daños causados por el acaro del tostado.

Todas las variedades de cítricos son susceptibles, pero, especialmente toronja y tangelos.

Figura 158. Síntomas de la Mancha grasienta en cítricos causado por *Mycosphaerella citri*.

Género: *Cercospora*

Corresponde a la fase asexual de la mayoría de los géneros de *Mycosphaerella*. Este género causa enfermedades en un amplio grupo de plantas de uso agrícola, ornamental y forestal. Se estima que hay más de 1 200 especies y en la mayoría de ellas no se ha logrado determinar su fase sexual. Asimismo, una gran parte de las especies causa manchas foliares. En la Figura 159, se presenta su morfología que se caracteriza por poseer conidióforos en clusters (agrupación de conidióforos) y conidias filiformes hialinos. Una de las particularidades de muchas especies es la formación de una marca o cicatriz en la zona de unión entre en el conidióforo y la conídia, en la Figura 159, se señala la cicatriz o hiliúm con una flecha roja en ambas estructuras.

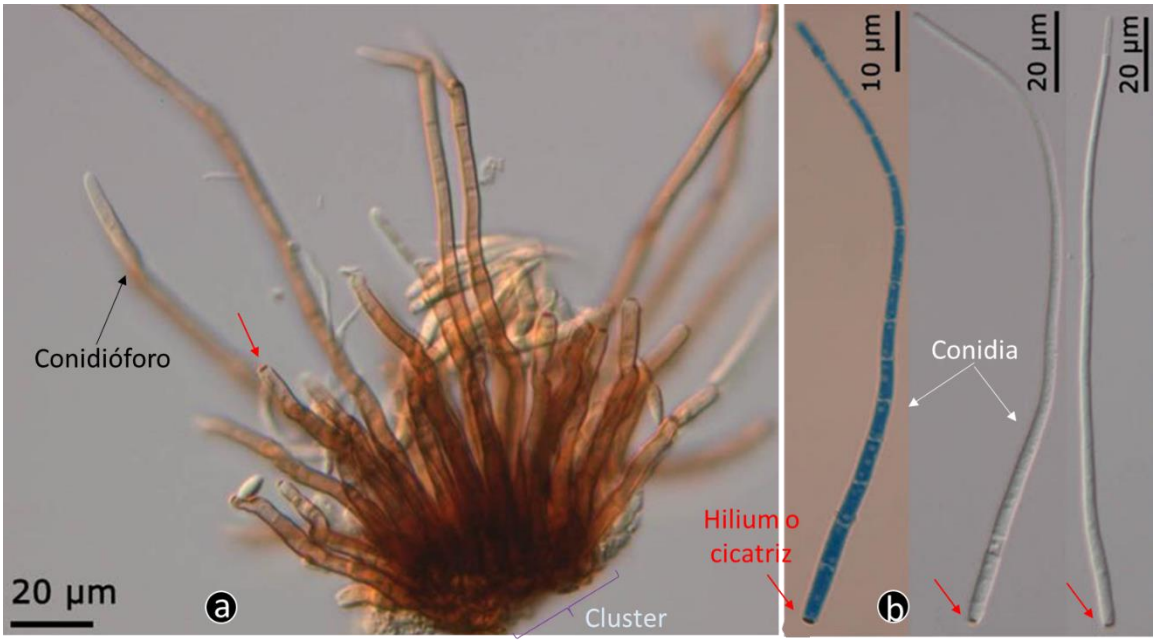


Figura 159. Morfología del género *Cercospora* spp. Conidióforos en clúster (a) y conídias que muestran el hiliúm o cicatriz como punto de unión con el conidióforo (b).

Principales especies de *Cercospora* que causan enfermedades en cultivos

Cercospora coffeicola	"Mancha de hierro" del café
Cercospora zeae-maydis	"Cercosporiosis del maíz"
Cercospora arachidicola	"Cercosporiosis del maní"
Cercospora henningsii	"Mancha parda" de la yuca.
Cercospora oryzae	"Cercosporiosis del arroz"
Cercospora phaseoli	"Cercosporiosis del frijol"

Nombre de la enfermedad: “Mancha de hierro” en café

Agente causal: *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke.

Su fase sexual se encuentra en una especie del género *Mycosphaerella*. La fase asexual es la que causa el daño de impacto económico.

División Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaeerellaceae

Género: *Mycosphaerella* sp.

Fase asexual: *Cercospora coffeicola*

Tejidos que infecta: hojas y frutos.

Síntomas:

En hojas, la primera manifestación de la enfermedad es la presencia de pequeños puntos color café; posteriormente, se transforman en manchas de forma circular, de tamaño variable rodeados de un halo de clorótico (Figura 160); esta es una característica diferencial de los síntomas causados por el “ojo de gallo” (ver página 202). En los frutos se presentan manchas necróticas, en forma de cancros de color café oscuro, que llegan a abarcar a todo el fruto causando su caída; sin embargo, en algunos casos, permanecen pegados a las ramas en estado de momificación (Foto 161).

Figura 160. Síntomas de Manchas foliares en hojas de café causado por *Cercopora coffeicola*.

Figura 161. Síntomas de daño en cerezas de café causado por *Cercopora coffeicola*.

Nombre de la enfermedad: "Viruela o peca peca del papayo"

Agente causal: *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.

Su fase sexual se encuentra en una especie del género *Mycosphaerella*. La fase asexual es la que causa el daño de impacto económico.

División Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaeerellaceae

Género: *Mycosphaerella* sp.

Fase asexual: *Asperisporium caricae*

Tejidos que infecta: hojas y frutos

Síntomas:

En las hojas: los síntomas se presentan en las hojas más viejas. En el haz se muestran abundantes manchas pequeñas de color blanco a beige y, estas mismas manchas, en el envés corresponden a manchas de color negro que se forman por la abundante esporulación de conídias (Figura 162). De la abundante formación de las pequeñas manchas de color negro, deviene el nombre de la enfermedad viruela o peca peca.

En los frutos: muestran los mismos síntomas que en las hojas, la lesión solo se restringe a la cáscara, mas no así en las lesiones causados por *Colletrotrichum* y *Phoma*.

Los puntos negros, tanto en follaje como en fruto, están integrados por una gran cantidad de conidióforos que están agrupados en esporodoquios y conídias, los cuales dan una coloración oscura y aspecto pulverulento. Con el paso del tiempo, el color de las lesiones cambia a un color blanco humo, que significa la invasión parasítica de *Trichoderma* (biocontrolador natural).

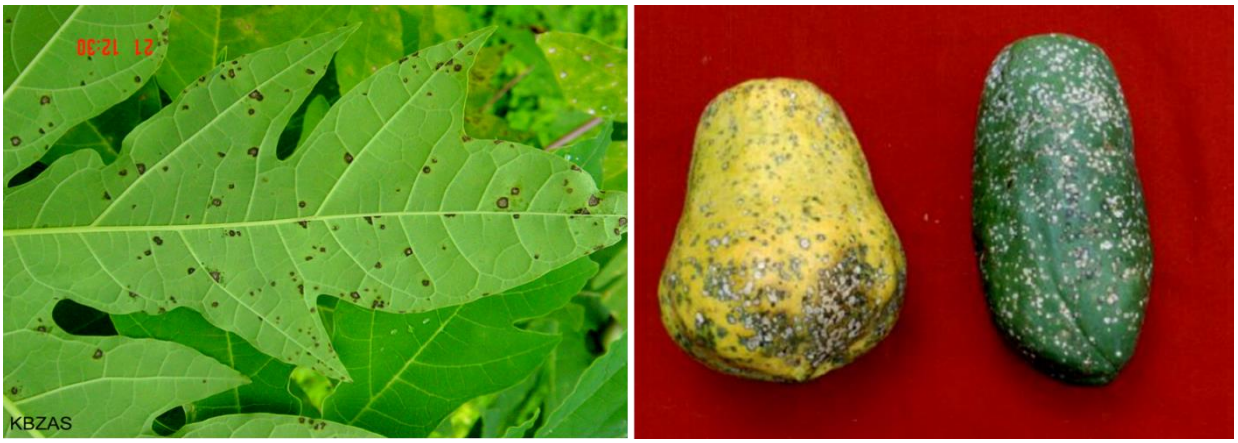


Figura 162. .Síntomas de manchas necróticas en hojas, solo visibles en el envés. En los frutos los síntomas son semejantes al de las hojas posteriormente se cubren de un micelio blanco que corresponde al antagonista *Trichoderma sp*.

Nombre de la enfermedad: "Septoriosis de los cítricos"

Agente causal: *Mycosphaerella sp.*

Su fase asexual se encuentra en *Septoria citri* Pass.**;** en la naturaleza, es raro encontrar su fase sexual.

División Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Mycosphaeerellaceae

Género: *Mycosphaerella* sp.

Fase asexual: *Septoria citri*

Tejidos que infecta: hojas y frutos

Síntomas:

En hoja: producen pequeños puntos necróticos, rodeados de un halo amarillo; con el tiempo, el punto necrótico crece, formando anillos de centro color pajizo (Figura 163). El diámetro de las manchas necróticas en anillos puede llegar a medir entre 3 a 4 mm de diámetro. Las picnidias, se forman inmersas dentro del tejido necrótico desde el cual liberan sus conídias, que son diseminadas por el viento. Ocasionalmente, pueden causar defoliaciones severas en la parte inferior del árbol. Los cultivares toronja, tangelo y limón rugoso, son los más susceptibles.

Figura 163. Síntomas de manchas foliares en hojas de cítricos causados por *Septoria citri*, observe los anillos necróticos (a). Picnidia inmerso en la lámina foliar que libera conídias filiformes (b)

En el fruto, se presentan pequeños puntos necrótico de color marrón claro a marrón rojizo de 1-2 mm de diámetro, cuando la fruta inicia su proceso de maduración. Sobre las lesiones se producen las picnidias que diseminan las conídias por la acción del viento.

10.7.2 Orden: Myrianginales

Agrupa a 03 familias,18 géneros y aproximadamente 180 especies. Fitopatológicamente, solo la familia Elsinoaceae, tiene géneros de importancia. Poseen como ascocarpo, el tipo ascostroma el cual es inmerso en el tejido vegetal.

Familia: Elsinoaceae

Agrupa a 11 géneros y aproximadamente 159 especies. Es una familia, relativamente, poco conocida, pero, a la vez, la más importante dentro de Myriangiales. Esta familia incluye al género Elsinoë, que causa enfermedades de importancia económica en cítricos, conocidos como “sarna de los cítricos” (antes sarna común o sarna del naranjo agrio) y “sarna del naranjo dulce”.

El sistema de vigilancia sanitaria del SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria) – Perú, declara como plagas cuarentenarias en cítricos a *Elsinoe australis,* causante de la “sarna del naranjo dulce”; *Guignardia citricarpa* causante de la “mancha negra”; y a *Xanthomonas campestris* pv. *citri,* agente causal del “cancro de los cítricos”, los síntomas de cada enfermedad se muestran en la Figura 164.

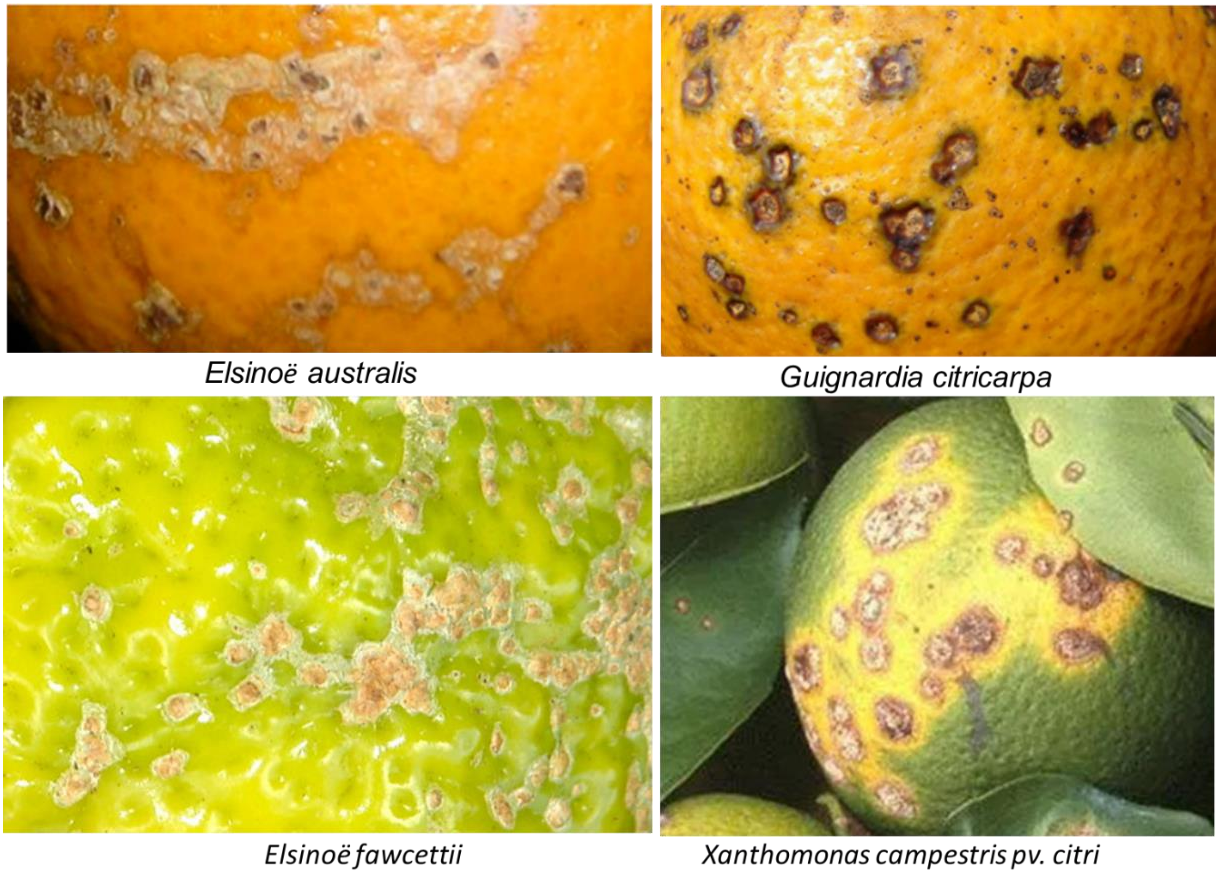


Figura 164. Síntomas en frutos de cítricos cuyos agentes causales son cuarentenarios en el Perú y semejante a los síntomas causados por *Elsinoë fawcettii* con presencia en el Perú.

Nombre de la enfermedad: “sarna de los cítricos” (antes “sarna común” o “sarna del naranjo agrio”)

Agente causal: *Elsinoë fawcettii* Bitancourt and Jenkins.

Su fase asexual se encuentra en *Sphaceloma fawcettii* Henkins.

En la fase sexual, forma sus ascosporas dentro de un ascostroma; mientras que, en su fase asexual, forma un acérvulo donde produce sus conídias (Figura 165).

Tejidos que infecta: hojas, ramillas y frutos.

Esta enfermedad, en el Alto Huallaga, es un problema solo en el porta injerto del limón rugoso, puesto que los otros cultivares, se comportan como tolerantes a resistentes.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Myrianginales

Familia: Elsinoaceae

Género: *Elsinoë fawcettii*

F. asexual: *Sphaceloma fawcettii*

Síntomas:

En hojas: los síntomas más visibles, se presentan en el haz y envés de las hojas jóvenes de los brotes de limón rugoso, observándose pequeñas lesiones hipertróficas de color rosado-marrón al inicio y pajizo al final. La abundancia de lesiones por hoja causa su deformación (Figura 166), retardando su crecimiento y desarrollo para realizar el injerto.

Los síntomas de puntos hipertróficos, también se presentan en el pedúnculo de las hojas y ramillas.

En frutas: se inician con lesiones ligeramente elevadas, las cuales se desarrollan hasta formar protuberancias verrugosas, de aspecto de corchoso, que se van uniendo hasta formar lesiones que abarcan áreas extensas del fruto (Figura 166). Como ya se mencionó, su mayor impacto, en la citricultura de selva, es sobre el portainjerto limón rugoso; sin embargo, tiene un amplio rango de hospedantes, los cuales se describen en el Cuadro 9.

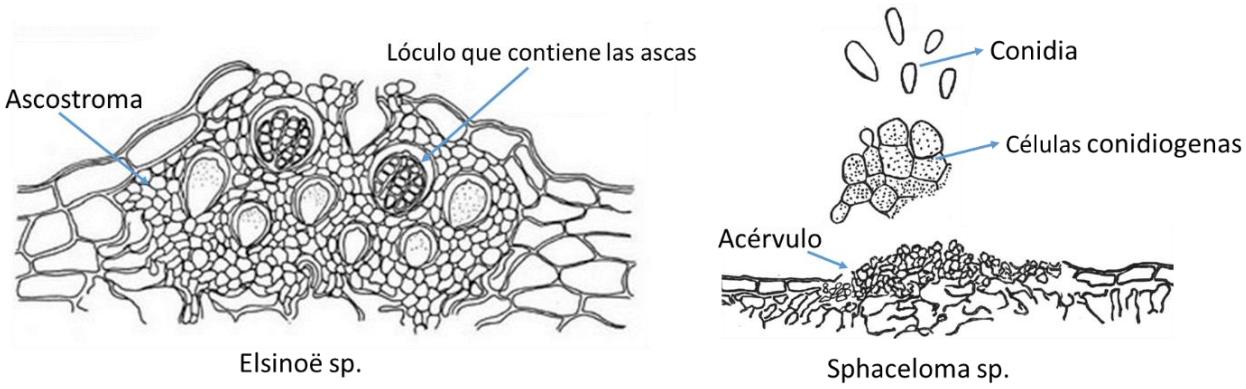


Figura 165. Estructuras de *Elsinoë fawcettii* (fase sexual) y *Sphaceloma fawcettii* (fase asexual).

Figura 166. Síntomas sarna de los en cítricos causadas por *Elsinoë fawcettii* en limon rugosos.

Los síntomas de hipertrofias en hojas y frutos son semejantes a varias enfermedades que son mostrados en la Figura 164, por ello, es importante hacer un buen diagnóstico.

Cuadro 9. Especies de Elsinoë *y su rango de hospedantes*

Nombre enfermedad	Agente causal: Fase ascógena	Agente causal: Fase conídica	Hospedantes
Sarna de los cítricos	*Elsinoë fawcettii*	*Sphaceloma fawcettii*	Limoneros, toronjas, mandarinas limón rugoso, naranjo agrio, lima Rangpur, entre otros.
Sarna del naranjo dulce	*Elsinoë australis*	*Sphaceloma australis*	Naranjo dulce y mandarinas. Generalmente, infecta solo frutas.

Nombre de la enfermedad: "Sarna del naranjo dulce" o "sarna del dulce"

Agente causal: *Elsinoë australis* Bitancourt & Jenkins. Su fase asexual corresponde *Sphaceloma australis.* Bitancourt & Jenkins.

Tejidos que infecta: solo frutos de naranjo dulce y mandarinas.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Myrianginales

Familia: Elsinoaceae

Género: *Elsinoë australis*

F. asexual: *Sphaceloma asutralis*

Síntomas: los síntomas son semejantes a los descritos para sarna de los cítricos causado por *E. fawcettii;* sin embargo, las lesiones

corchosas son más aplanadas (Figura 167). por lo general, no infectan las hojas. Para el Perú, la sarna del naranjo dulce es una enfermedad cuarentenaria; asimismo, ha sido detectada en Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay.

Figura 167 Síntomas de la sarna del naranjo dulce causado por *Elsinoë australis* enfermedad no reportado en el Perú (Cuarentenario).

10.7.3 Orden: Pleosporales

Contiene alrededor de 23 familias, 332 géneros y más de 4 700 especies. La mayoría son saprofitos en la materia orgánica, en agua dulce, marino o ambientes terrestres. Varias especies son parásitos, epifitas o endófitos.

Familia: Pleosporaceae

Los fitopatógenos más estudiados son*: Cochliobolus heterostrophus* (maíz); *Phaeosphaeria nodorum* (septoriosis del trigo); *Leptosphaeria maculans* (pie negro en repollo); y *Lewia* sp., cuya fase asexual corresponde al género *Alternaria* sp.

Nombre de la enfermedad: asociado a granos de avena“

Agente causal: *Lewia avenicola* Kosiak & Kwasna

Su fase asexual corresponde a *Alternaria*

Género: Alternaria

Este género abarca cientos de especies, siendo la mayoría saprofitas; las especies parasitas juntamente con el género *Cercospora* causan el mayor número de manchas foliares en cientos de especies de plantas cultivables.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Lewia* sp.

F. asexual: *Alternaria* spp.

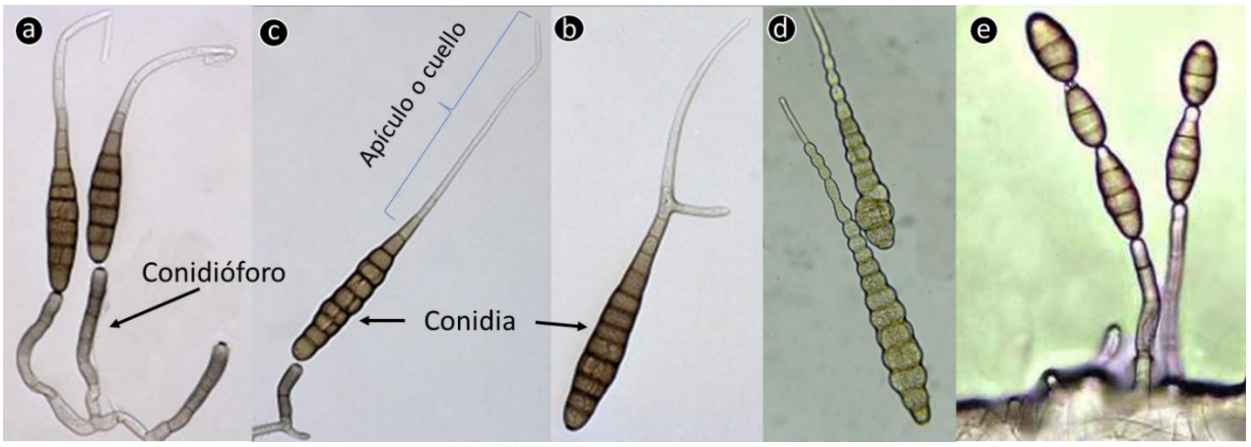


Figura 168. Estructuras morfológicas de dos especies del género Alternaria. Conidióforos y conídias de A. solani (a-d), note que tiene un apículo o cuello bastante largo. Conidióforos y conídias de *A. alternata*. Las conídias de *Aternaria* tienen, además, de las septas transversales sepas longitudinales.

Principales especies de Alternaria que causan enfermedades en cultivos

Alternaria solani "Tizón temprano" del tomate y papa; “alternariosis” de la cocona.

Alternaria alternata pv. *citri,* raza limón rugoso "Ojo de pollo" en cítricos

Alternaria alternata pv. *citri*, raza tangelo “Mancha marrón” en tangelos y tangerinas

En la Figura 169, se enlista cuatro especies de Alternaria que causa graves pérdidas en palma aceitera (reportado para Tailandia), cebolla, arándanos y col.

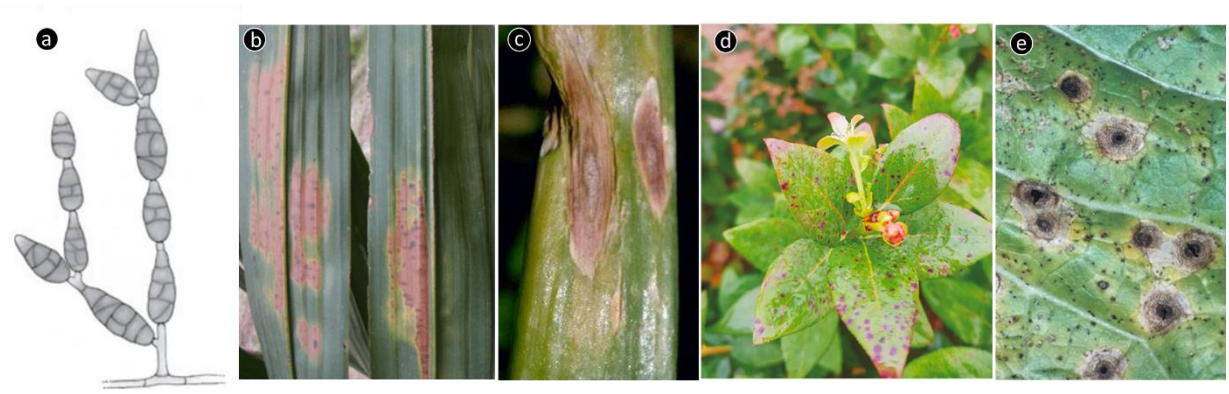


Figura 169 Morfología de Alternaria sp. (a). *Alternaria longipis* causa “tizón de la hoja” en palma aceitera (b). *Alternaria porri* causa “Mancha purpura” en cebolla (c). *Alternaria tenuissima* causa “Alternaria” en arándanos (d). *Alternaria brassicae* causa “Manchas foliares en brasicaceas (e).

Nombre de la enfermedad: “Tizón temprano” del tomate

Agente causal: *Alternaria solani* Sorauer

Tejidos que infecta: hojas, ramas y frutos

Síntomas:

Clasificación:
División: Ascomycota
Clase: Dothidiomycetes
Orden: Pleosporales
Familia: Pleosporaceae
Género: *Lewia* sp.
F. asexual: *Alternaria solani*

Se presentan en las hojas maduras y se caracterizan por causar lesiones circulares de color café a negro, no infecta hojas jóvenes. Cada una de las lesiones se rodean de un halo clorótico a consecuencia de la difusión de toxinas que produce. Cuando las lesiones se fusionan, causan el necrosamiento de toda la hoja y, gran parte de la planta adquiriere un aspecto de tizón o quemado, los frutos quedan expuestos a la acción directa de los rayos del sol que causan quemadura. En los tallos, ramas y pedúnculos de los frutos se pequeñas lesiones que posteriormente forman cancros (Figura 170); asimismo, las infecciones en frutos producen lesiones hundidas que presentan abundante esporulación de color negro carbonoso. *A. solani* es considerado, también, como un patógeno quiescente.

Figura 170. Síntomas causados por *Alternaria solani* en hojas, ramas y frutos de tomate.

Nombre de la enfermedad: “Alternariosis” de la cocona

Agente causal: *Alternaria solani* Sorauer

Tejidos que infecta: hojas. ramas y frutos

Síntomas:

Clasificación:
División: Ascomycota
Clase: Dothidiomycetes
Orden: Pleosporales
Familia: Pleosporaceae
Género: *Lewia* sp.
F. asexual: *Alternaria solani*

Hojas: los síntomas se presentan en las hojas maduras cercanas al suelo o en las bien desarrolladas, pero no en hojas jóvenes. Las manchas necróticas son de forma circular o angular, con anillos concéntricos de color marrón oscuro rodeados de un halo clorótico (Figura 171). Las manchas pueden unirse y causar la caída prematura de sus hojas, exponiendo a los frutos a la quemadura por el sol.

Tallos y ramas: los síntomas iniciales se presentan como puntos necróticos de color marrón oscuro que, a medida que crecen, se unen formando cancros de tamaño variable; posteriormente, estos cancros, constituyen los sitios de colapso de las ramas, por acción del viento o por el peso de los frutos (Figura 170).

Frutos: los síntomas son similares a los que se presentan para las hojas, en color y forma (marrón oscuro y con anillos concéntricos), ligeramente deprimidas, que progresan hasta formar manchas necróticas que abarcan buena parte del fruto.

En almácigos, puede causar síntomas semejantes a la “chupadera”.

Figura 171. Síntomas causados en hojas, frutos y ramas, causados por *Alternaría solani* en cocona.

Ciclo de la Enfermedad

El hongo sobrevive de una campaña a otra en los restos de cosecha o en malezas de la familia de las solanáceas, otra forma de transmisión es a través de las semillas si éstas han sido contaminadas con las estructuras propagativas del hongo durante el procesamiento de las semillas.

La enfermedad se inicia (ciclo primario) cuando las conídias almacenadas y producidas, en los restos de cosechas llegan a las hojas bajas por el salpique de las gotas de lluvias. Otra fuente de inoculo son las conídias formados en lesiones de malezas o plantas de cocona existentes en los alrededores, las cuales son diseminadas y depositadas por el viento en las hojas, ramas o frutos, produciendo los síntomas visuales de la figura 171. Un factor que favorece para la infección es el microclima formado por el autosombreamiento originado por el gran tamaño y numero de hojas que forma esta planta. Las lesiones producidas en las primeras plantas de cocona dentro del campo de

cultivo constituyen las nuevas fuentes de inóculo para el desarrollo de ciclos secundarios de la enfermedad, los cuales se encargarán de distribuirlas hacia el resto de la plantación, en el caso de que no se tomen las medidas de control de forma oportuna. En la Figura 172, se grafica el ciclo patogénico de *Alternaria solani* en el cultivo de cocona.

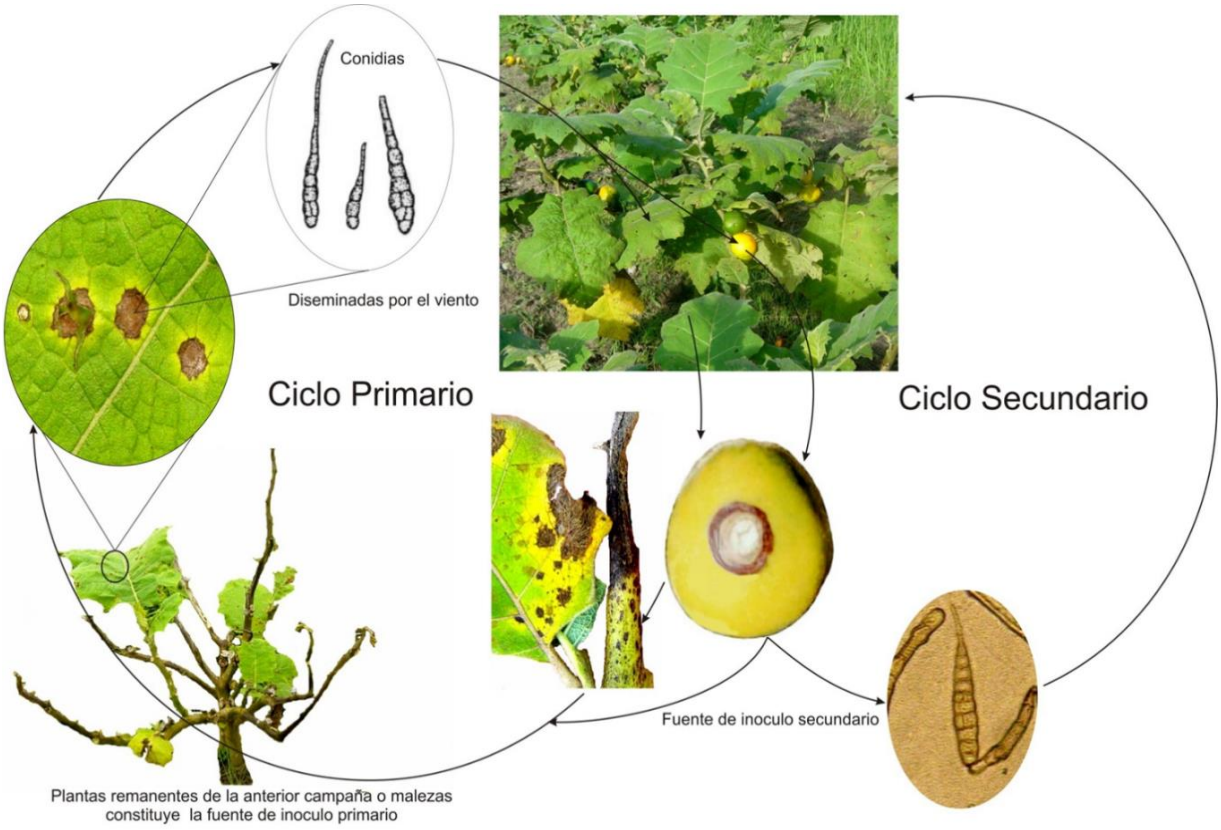


Figura 172. Ciclo patogénico de *Alternaria solani* en cocona

Nombre de la enfermedad: “Alternariosis” en granadilla

Agente causal: *Alternaria passiflorae*

Tejidos que infecta: hojas, ramillas y frutos

Síntomas:

En hojas, tallos y frutos, produce manchas concéntricas de color marrón con bordes rojizos a oscuros rodeados de un halo clorótico (Figura 173). En ataques severos, causa defoliación y en los frutos se observan cancros; la afección en tallos induce la brotación de yemas axilares. Su presencia coincide con las épocas de lluvias y se acentúa en plantaciones con deficiente manejo en podas.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Lewia* sp.

F. asexual: *Alternaria passiflorae*

Figura 173. Síntomas causados por *Alternaría passiflorae* en hojas, flores y frutos de granadilla.

Nombre de la enfermedad: “Ojo de pollo” en limón rugoso

Agente causal: *Alternaria alternata* pv. *citri* raza Limón rugoso

Tejidos que infecta: hojas

Síntomas:

Ocasiona manchas necróticas concéntricas de color pardo a negro, que se rodea de un halo de color amarillo. Principalmente, se producen en viveros y cuando la planta sufre algún tipo de estrés, principalmente de tipo nutricional (Figura 174).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Lewia* sp.

F. asexual: *Alternaria alternata*

Figura 174. Síntomas causados por *Alternaría alternata* en hojas del patrón limón rugoso.

Nombre de la enfermedad: “Mancha marrón” en tangelo y tangerinas

Agente causal: *Alternaria alternata* pv. *citri* raza tangelo

Tejidos que infecta: Brotes, flores, hojas y frutos

Síntomas:

La infección y sintomatología solo se presenta en órganos jóvenes como brotes, hojas y frutos.

En hojas: inicialmente, ocasiona manchas pequeñas de color pardo a negro, que se rodea de un halo amarillo. Los síntomas aparecen de 24 a 48 horas después de la infección. El síntoma característico es la difusión de la necrosis, a través de las nervaduras (Figura 175 a).

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Lewia* sp.

F. asexual: *Alternaria alternata*

En brotes: se forman lesiones de 1 a 10 mm de diámetro. Las infecciones en las hojas y en el brote, ocasionan la muerte regresiva de las ramillas.

En frutos: son susceptibles hasta 4 meses después de la caída de pétalos. Si son infectados, antes de los 30 mm de diámetro, causa su caída. En frutos de mayor edad, ocasiona lesiones de diferente tamaño y erupciones corchosas que se desprenden fácilmente. Estos síntomas comprometen solamente a la cáscara (Figura 175).

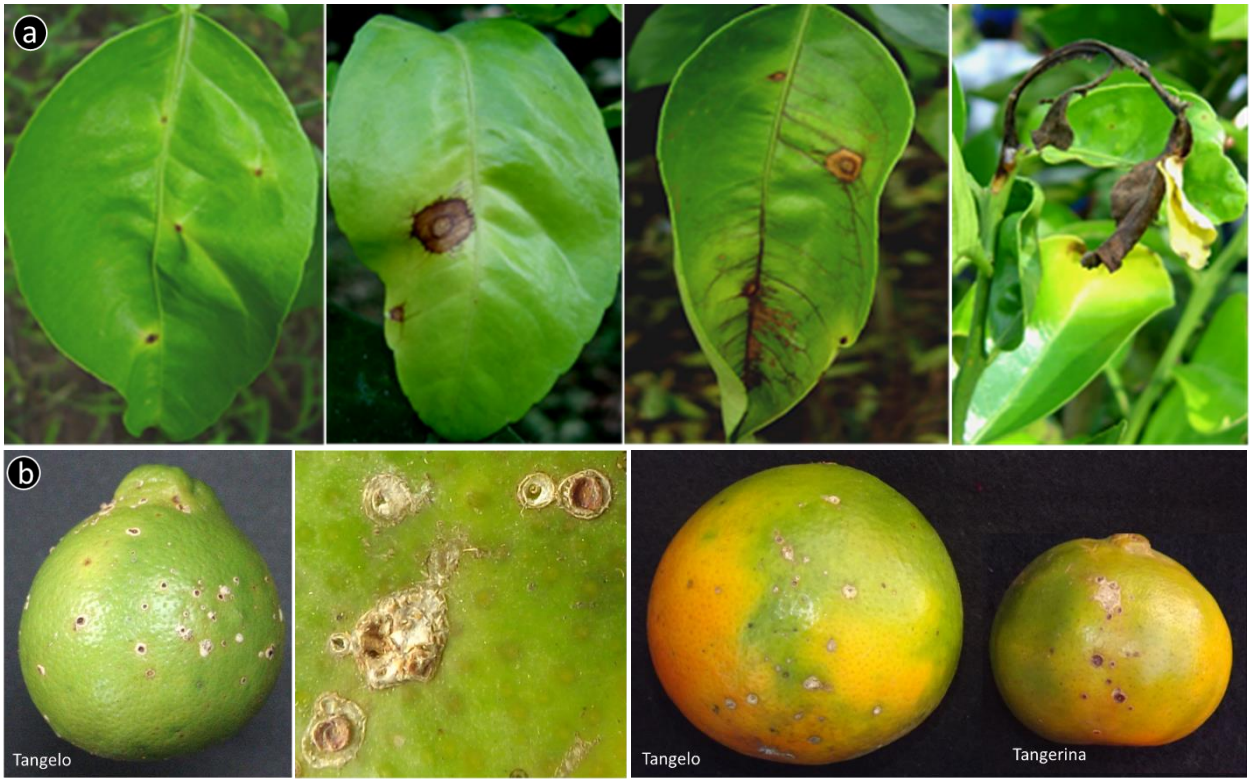


Figura 175. Síntomas causados por *Alternaria alternata* en frutos de Tangelo.

Ciclo patogénico:

Aunque no genera estructuras de sobre vivencia, sobrevive en los restos de tejidos afectados remanentes de la parte aérea o suelo. Se propaga principalmente por las conídias formadas sobre las lesiones. Las conídias son diseminados por el viento o salpicaduras de la gota de lluvia que los deposita sobre la superficie de hojas y frutos. Para la germinación y la infección es necesario agua líquida durante 3-36 horas y una temperatura de 17-32 ºC. Debido a la acción de la toxina ACT, el período de incubación es muy corto y las lesiones son visibles en tan sólo 16-36 horas. El periodo crítico para la infección de las hojas es en la etapa de brotamiento que ocurre en los meses de febrero a marzo. Ataques severos causa defoliamiento y la esporulación en la hojarasca cesa a los 8-12 días.

Sea descrito que la infección en frutos menos de los 30 mm de diámetro ocasiona su caída; sin embargo, el fruto puede ser infectado en cualquier estado de desarrollo.

Figura 176. Ciclo patogénico de *Alternaría alternata* en Frutos.

Nombre de la enfermedad: “Mancha carmelita” en arroz

Agente causal: *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker.

Fase sexual en *Cochliobolus miyabeanus* (Ito & Kuribayasi)

Tejidos que infecta: hojas, panícula y granos.

Síntomas:

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Cochliobolus miyabeanus*

F. asexual: *Bipolaris oryzae*

En las hojas, causan manchas circulares u ovaladas de 0.3 a 10 mm de tamaño y tienen un centro blanco grisáceo, marrón o gris con halos cloróticos. Los síntomas se pueden presentar en cualquier edad de la planta; sin embargo, es común que esté presente en plantas adultas. Las manchas pueden unirse y formar manchas extensas que llegan a necrosar toda la lámina foliar (Figura 177). En almácigos, se pueden observar plántulas con manchas necróticas pequeñas que son de color marrón.

En el grano: causa manchas marrones en las glumas y ocasiona el manchado del grano, su reducción en número, y disminuye la calidad culinaria.

Figura 177. Síntomas causados por *Bipolaris oryzae*, fase asexual de *Cochliobolus miyabeanus* causantes de la mancha carmelita del arroz.

10.7.4 Orden: Botryosphaeriales

Familia: Botryosphaeriaceae.

Agrupa a un total de 26 géneros con, aproximadamente, 1 517 especies; el género más relevante es el Botryosphaeria, con sus estados conidiales en *Diplodia, Dothiorella, Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum* (Figura 178). Son endófitos o patógenos oportunistas, y pueden mantener infecciones latentes, pero desarrollan la enfermedad cuando las plantas caen bajo condiciones de estrés. El género más estudiado es *Botryosphaeria dothidea*, el cual causa pudriciones de madera en cultivos como mango, palto, vid (Figura 179). El estado asexual como *Lasiodiplodia theobromae* es el que tiene el mayor impacto económico en diferentes cultivos.

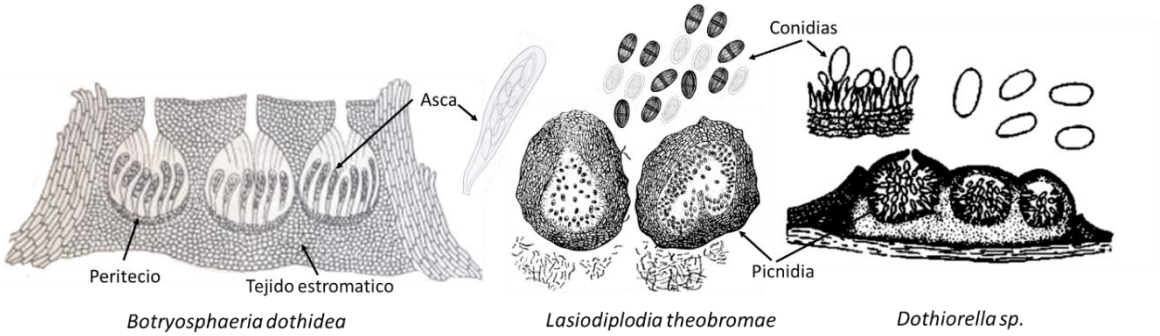


Figura 178. *Botriosphaeria dothidea* fase ascógena de *Lasiodiplodia* y *Dothiorella* sp.

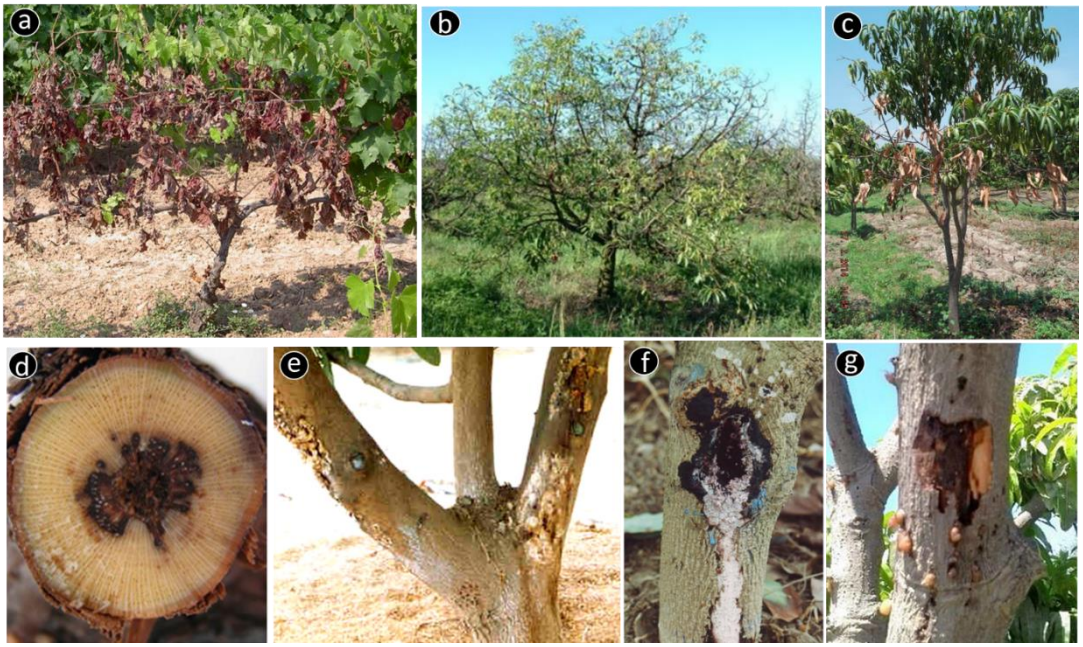


Figura 179. Síntomas causados por *Botryosphaeria dothidea*. (a y d) muerte de la planta y daño en el leño de uva. (b, e y f) marchitez y cancro en el tallo de palta. (c y d) secamiento de ramas y cancro en ramas de mango. Fotos tomadas de: a y f (DIAZ, et al.; 2013). b, c, e, f y g (E. RODRIGUEZ).

Principales enfermedades causadas por *Botryosphaeria dothidea:*

En el Cuadro 10, se citan las principales enfermedades que causa en cultivos como palto, vid, arándanos y mango; asimismo, se mencionan su respectiva fase asexual.

Cuadro 10. Especies de *Botryosphaeria* y sus respectivas fases asexuales causantes de enfermedades en cultivos.

Nombre de la enfermedad	**Fase sexual**	**Fase asexual**
Cancro o muerte regresiva del palto	*Botryosphaeria dhotidea*	*Dothiorella, Lasiodiplodia y Neofusicoccum*
Brazo negro de la Vid	*Botryosphaeria dhotidea*	*Diplodia seriata y Neofusicoccum parvum*
Cancrosis del tallo en arándanos	*Botryosphaeria corticis*	*Fusicoccum parvum*
Cancrosis, gomosis, muerte descendente de ramas y pudrición de pedúnculo en mango	*Botryosphaeria dothidea*	*Neofusicoccum mangiferae* *Dothiorella dominicana* *Lasiodiplodia theobromae, L. pseudotheobromae*

Nombre de la enfermedad: "Cancro o muerte regresiva del palto"

Agente causal: *Botryosphaeria dothidea* (Moug: Fr.) Ces & De Not.

Su fase asexual corresponde a *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. Esta fase es la más infectiva.

Tejidos que infecta: tallos, ramas y pedúnculo de frutos.

Síntomas:

Las plantas afectadas muestran síntomas de cancros en el tallo, muerte regresiva en las ramas y pudrición peduncular en los frutos.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Botryosphaeriales

Familia: Botryosphaeriaceae

Género: *Botryosphaeria dothidea*

F. asexual: *Lasiodiplodia theobromae*

El **cancro** consiste en heridas de gran tamaño a nivel de corteza, que pueden estar presente en ramas y tronco; donde causa cuarteadura de la corteza que se desprende fácilmente, y se visibiliza el tejido interno necrótico (Figura 180).

Figura 180. Síntomas de cancros, en los tallos y ramas del palto, causados por *Lasiodiploida theobromae* fase asexual de *Botryosphaeria dothidea*. Fotos tomadas por Edgar Maldonado.

La **muerte regresiva**, se caracteriza por la presencia de una pudrición de café, presente desde la corteza hasta el tejido vascular, y que causa la muerte de ramas y ramillas (Figura 181), las hojas, inflorescencias y los frutos secos se mantienen en las ramas. Es posible observar este síntoma, tanto en árboles adultos como en árboles jóvenes.

Figura 181. Síntomas de cancros en ramillas del palto causados por *Lasiodiploida theobromae*. Fotos tomadas por Edgar Maldonado.

La **pudrición del pedúnculo del fruto** es una enfermedad que se presenta en la postcosecha. La pudrición avanza, internamente, hacia la zona ecuatorial; en casos severos, causa el pardeamiento de pulpa y haces vasculares (Figura 182). La enfermedad es más relevante es en su estado conidial como *Lasiodiplodia theobromae*.

Figura 182. Síntomas de pudrición de frutos de palto causados por *Lasiodiploida theobromae*. Fotos tomadas por Edgar Maldonado.

Nombre de la enfermedad: " Cancro o pudrición carbonosa" - Cacao

Es un patógeno secundario que necesita de heridas o condiciones de alto estrés para penetrar a su hospedante.

Agente causal: *Botryosphaeria dothidea* (Moug: Fr.) Ces & De Not.

Su fase asexual corresponde a *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. (Syn. *Botryodiplodia theobromae*), es la más infectiva.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Botryosphaeriales

Familia: Botryosphaeriaceae

Género: *Botryosphaeria dothidea*

F. asexual: *Lasiodiplodia theobromae*

Tejidos que infecta: principalmente a frutos, pero también afecta raíces, tallos y ramas.

Síntomas:

En condiciones desfavorables para la planta, puede infectar a los tallos y causar en ella "cancros", y en frutos causa "pudriciones", por lo general en forma oportunista.

Cancros en tallos o ramas: se observa manchas necróticas de aspecto hundido en la corteza e internamente el área necrótica es muchas veces de mayor tamaño que lo observado en la parte externa. Cuando el cancro abarca la mayor parte del diámetro del tallo, se observa clorosis, amarillamiento y marchitez en ramas y ramillas. Si la lesión abarca áreas grandes del tallo puede llegar a causar la muerte de la planta (Figura 183).

La enfermedad tiene mayor prevalencia en áreas sin sombra donde el estrés nutricional es más acentuado, en plantas con ataque de insectos barrenadores del tallo o en plantas donde las heridas han sido deficientemente tratadas a consecuencia de las cirugías realizadas por el ataque de *Phytophthora*.

Figura 183. Síntomas de muerte regresiva por efecto de los cancros causados en tallos y ramas por *Lasiodiplodia theobromae,* fase asexual de *Botryosphaeria dothidea.*

Pudrición de frutos: se caracteriza por la presencia de manchas necróticas de color marrón oscuro. La mancha, de acuerdo con la zona de avance, se recubre de una esporulación de aspecto carbonoso con zonas grisáceas, que corresponden a las conídias jóvenes que son hialinas. Por lo general es un patógeno secundario que aprovecha las heridas causados por otros agentes; tal es el caso, de los frutos afectados por el insecto plaga "mazorquero", que al emerger el adulto deja un orificio que es aprovechado por Lasiodiplodia para infectar e iniciar el proceso de pudrición (Figura 184).

Figura 184. Síntomas de pudrición de frutos de cacao causado por *Lasiodiplodia theobromae*.

Nombre de la enfermedad: “mancha negra de los cítricos”

Agente causal: *Guignardia citricarpa* Kiely.

Su fase asexual corresponde a *Phyllosticta citricarpa* (McAlpine) Aa, 1973.

Tejidos que infecta: Hojas y frutos

Síntomas:

Hojas: producen pequeñas lesiones son circulares de color café de no mayor de 2 mm de diámetro en cuyo centro se forman las picnidias. Los cultivares de limones son más susceptibles que las naranjas.

Clasificación:

División: Ascomycota

Clase: Dothidiomycetes

Orden: Botryosphaeriales

Familia: Botryosphaeriaceae

Género: *Guignardia citricarpa*

F. asexual: *Phyllosticta citricarpa*

Frutos: son semejantes en aspecto y tamaño a los causados en hojas; se presentan generalmente en la zona expuesta directamente al sol. Las lesiones pueden coalescer cubrir todo el fruto en ciertas ocasiones lo que significa un gran impacto en la calidad visual y precios de la fruta especialmente en cultivares Valencia, Navel y en limones (Figura 185).

Figura 185. Síntomas de “mancha negra” causado por *Guignardia citricarpa* en frutos de naranja y hojas. Fotos tomadas de: https://i1.wp.com/www.tecnicoagricola.es/wp-content/uploads/2014/03/Manchanegra.jpg.

La enfermedad podría ser confundida con algún estadio de desarrollo de la mancha marrón, sarna de común de los cítricos, y cancro de los cítricos (Figura 164 y 166).

11 LÍQUENES

La Asociación Internacional de Liquenología define que, “Un liquen es una asociación de un hongo y un simbionte fotosintético, de la que resulta un talo estable de estructura específica”. Ambos organismos viven de una relación simbiótica con beneficio mutuo. El hongo, al ser un organismo heterótrofo, necesita tomar compuestos orgánicos elaborados para nutrirse; en este caso, puede ser el alga o la cianobacteria que es capaz de hacer la fotosíntesis y produce hidratos de carbono, a partir de agua y nutrientes proporcionados por el hongo y el CO_2 tomado de la atmosfera.

Los componentes de un liquen son el micobionte (hongo) y el Fitobionte (alga o cianobacteria), ambos componentes se presentan en la Figura 186.

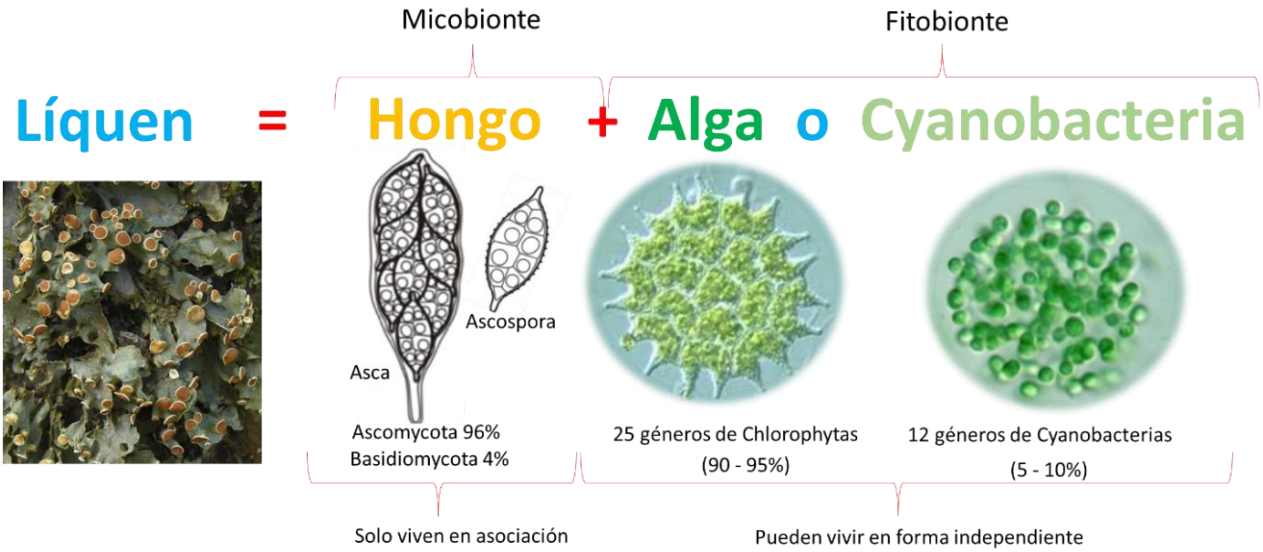


Figura 186. Componentes de un liquen: Micobionte más un Fitobionte.

a) Micobionte: la mayoría de los hongos liquenizados pertenecen a los ascomycotas, que comprenden casi tres mil géneros y más de 28 000 especies que están distribuidas en 37 órdenes; sin embargo, solo unas 50 especies pertenecen a los basidiomycotas. En la naturaleza, estos micobiontes no pueden vivir si no se asocian a un alga determinada, porque estos aprovechan los carbohidratos de bajo peso molecular producidos por el fotobionte. La mayoría de las asociaciones se dan mediante haustorios, los cuales penetran ligeramente en el interior de la célula del alga y, en otros casos, las hifas solo envuelven a las células sin formar haustorios.

b) Fitobionte: pertenecen a las cianobacterias (5 - 10%) y a las chlorophytas (90-95%) Las cianobacterias más comunes son: *Nostoc, Scytonema, Stigonema, Gloeocapsa y Calothrix*. Las algas verdes más comunes son: *Treuboxia, Trentepohlia, Coccomyxa y Myrmecia*. Más o menos el 50% de los líquenes tienen *Treuboxia* como fotobionte.

La unión de los dos simbiontes se realiza mediante un proceso complejo de liquenización que pasa por numerosas fases. En la Figura 187, se muestran diferentes especies de líquenes asociados a tallos de cacao.

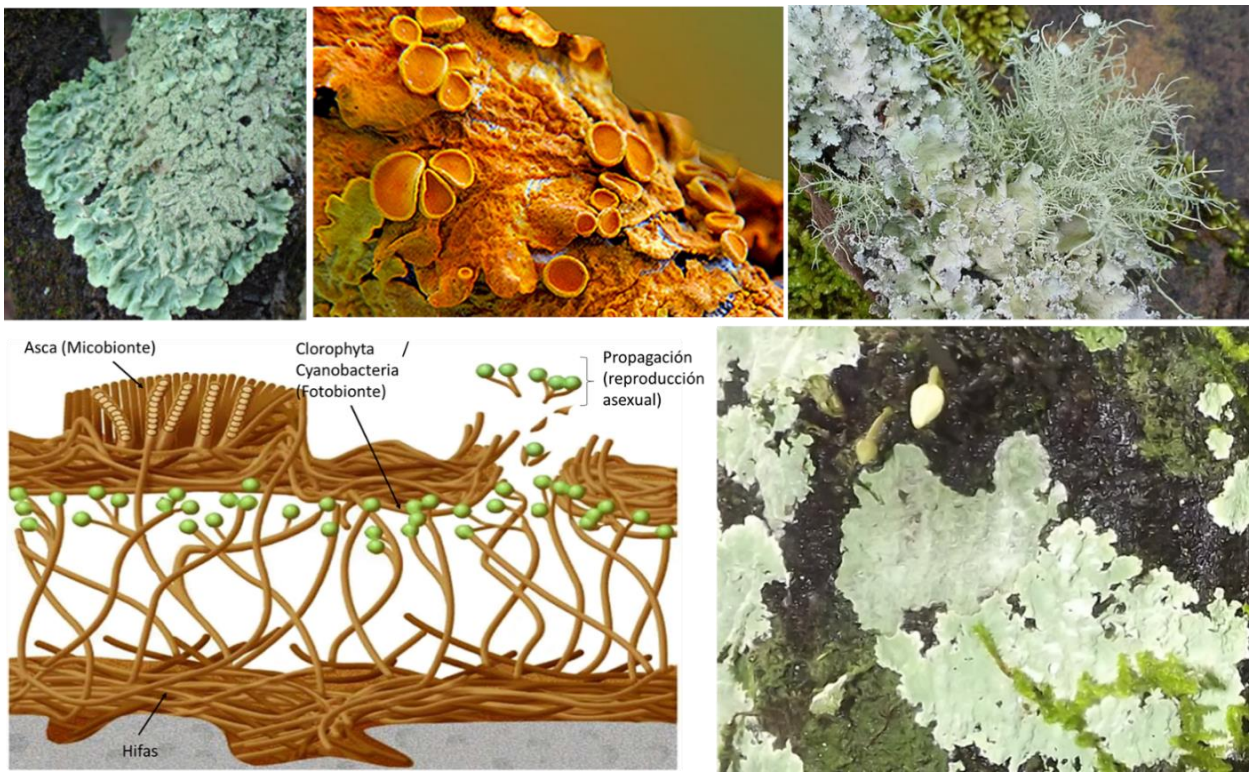


Figura 187. Vista macroscópica y esquema de la asociación simbiótica de un hongo con una alga o cianobacteria para formar un Líquen.

11.1 CLASE: LECANOROMYCETES

Agrupa a 29 familias, 2 665 géneros y aproximadamente 5 967 especies. Poseen como ascocarpo, principalmente apotecios y unos pocos peritecios. Casi todas las especies de este grupo son formadoras de líquenes o tienen diversas asociaciones con ellos. Son un grupo bastante heterogéneo que agrupa a los macroliquénes fácilmente visibles sus estructuras, otros se reducen a una masa en forma de costra y otros son microscópicos.

Los líquenes son un componente importante en el mantenimiento de los ecosistemas, al ser un componente importante en la formación del suelo, se emplea en la medicina, industria y obtención de finos perfumes.

En ambientes modificados por el hombre como los grandes centros urbanos han sido empleados para evaluar la calidad atmosférica, debido a su longevidad y porque obtienen la mayor parte de sus nutrientes del aire, lo que los hace muy sensibles al dióxido de carbono, dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno.

12 DIVISIÓN BASIDIOMYCOTA

Esta división agrupa a más de 32 000 especies (32.2% de los hongos descritos), y es el segundo más numeroso después de los Ascomycotas. Son considerados los más evolucionados por ser, estructuralmente, más organizados; asimismo, cuentan con un micelio septado, dicariótico con septas del tipo doliporo. En esta división, se encuentran los hongos que forman setas (basidiocarpo); la mayoría de estos hongos, juegan un rol importante en la ecología, al asociarse como micorrizas (ectomicorrizas) con árboles y arbustos como las especies de *Amanita*, *Boletus* y *Russula*; otros participan en la degradación de la madera y materia orgánica; también, hay los que forman asociaciones con las hormigas cortadoras de hojas y termitas que los cultivan para su alimentación.

Los basidiomycotas causan enfermedades en animales que incluyendo a los seres humanos; en plantas, causan las enfermedades conocidas como royas y carbones, que tienen un gran impacto económico en los cultivos a los que infecta. Además, se incluyen a hongos comestibles (*Agaricus bisporus* y *Lentinula edodes*), tóxicos (*Chlorophyllum molybdites*), y venenosos (*Amanita virosa*) y alucígenos (*Psilocybe*). La mayoría son comestibles y una gran minoría son tóxicos o venenosos.

La estructura típica es la basidia, sobre el cual se forman las basidiosporas, que constituyen las unidades propagativas en la fase sexual; las basidias pueden formarse directamente de las hifas, o formarse dentro de un cuerpo fructífero denominado basidiocarpo o también llamado basidioma. En la Figura 188, se presenta las partes y la arquitectura de un basidiocarpo.

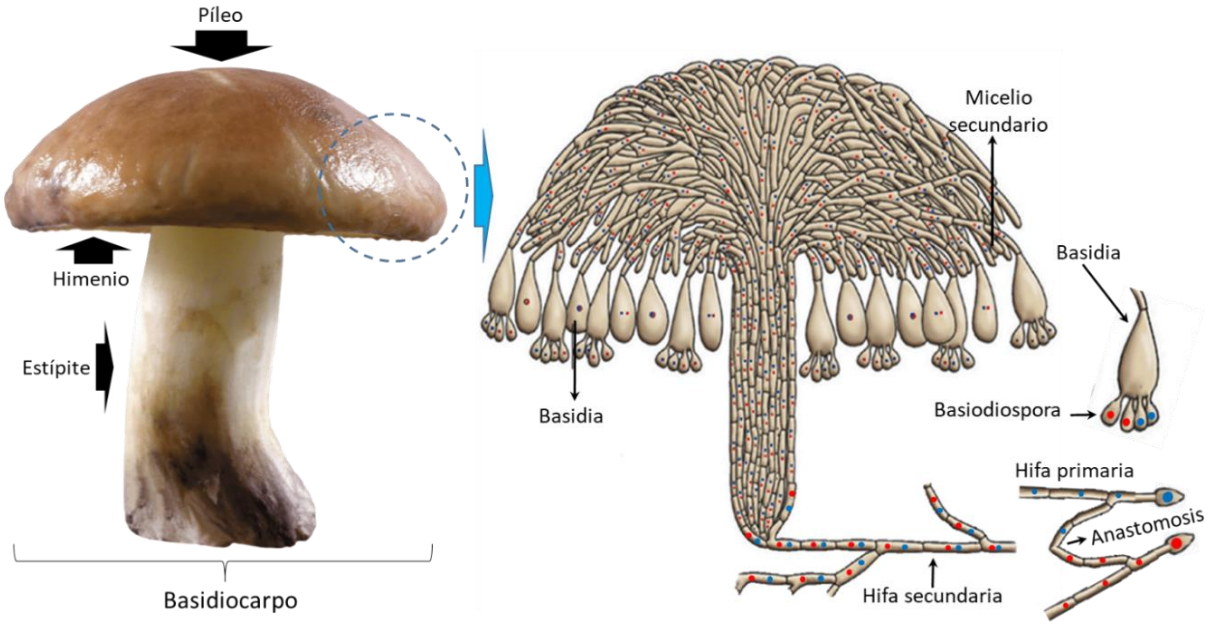


Figura 188. Partes y arquitectura de un basidiocarpo: estípite, himenio y pileo.

La mayoría de los basidiomycotas son multicelulares; sin embargo, algunas especies son unicelulares (levaduras) o presentan una fase unicelular y otra multicelular (dimórficos), estas últimas en especies parásitas de animales donde se comportan como levaduras.

Los basidiocarpos son muy diversos en tamaño, color, consistencia y formas; en la Figura 189, se presenta tres tipos de basidiocarpos por su consistencia. Los carnosos, por lo general, son saprofitos y micorríticos, muchos de los cuales son cultivados y están entre los más comercializados por su alto valor nutricional (por ejemplo, los “champiñones”), otros son cartilagionosos o gelatinosas que recuperan su forma al doblarse y un tercer grupo es duro lignificado que puede mantenerse por mucho tiempo.

Agaricus campestris *Auricularia auricula* *Ganoderma sp.*

Figura 189. Tipos de basidiocarpo por su consistencia. a) Basidiocarpo carnoso. b) Basidiocarpo gelatinoso c) Basidiocarpo coriáceo.

Reproducción:

Los Basidiomycotas tienen reproducción sexual y asexual. La reproducción sexual se presenta, principalmente, en aquellos que forman basidiocarpos; mientras que, la reproducción asexual se presenta en algunas fases de desarrollo en las royas y carbones.

Ciclo de vida de un Basidiomycota

Existen diferencias entre los ciclos de vida en algunos grupos taxonómicos de los Basidiomycota (Agaromycotinas, Puccniomycotinas y Ustilaginomyconitas); la descripción de la Figura 190, representa el ciclo general que desarrollan los basidiomycotas que forman basidiocarpo (Agaromycotinas).

Las basidias producen dos tipos de basidiosporas que se diferencias por sus cargas genéticas; para que exista continuidad del ciclo, dos tipos de basidiosporas deben de germinar en una misma área. Su germinación da la formación una hifa pluricelular haploide que se van multiplicando por mitosis y cada célula está separado por septas tipo doliporo; estas hifas se denominan micelio primario; sus núcleos son homocarióticos

(núcleos genéticamente idénticos) y monocariótico (sus células contienen un solo núcleo). Este tipo de micelio coloniza todo el sustrato.

Para el proceso de formación de los basidiocarpos, dos micelios primarios compatibles (monocarióticos diferentes) deben fusionarse, por un proceso llamado anastomosis; como consecuencia de la fusión, se formará el micelio secundario, cuyas células son heterocarióticos (dos núcleos diferentes) y dicarióticos (dos núcleos por célula). Este tipo de micelio se agrupa para formar el estípite, píleo e himenio, sobre los cuales se producirá las basidias y basidiósporas.

Las basidiósporas son formadas después de llevarse a cabo los procesos de plasmogamia, cariogamia y meiosis. Se unen a la basidia, mediante una prolongación llamada esterigma. Cada especie produce un número concreto de basidiósporas por basidia, aunque generalmente es cuatro, son de muchas formas (elípticas, ovoides, cilíndricas, angulosas) y texturas (lisas, rugosas). Son dispersadas por el viento, dando inicio a nuevos ciclos de formación de basidiocarpos.

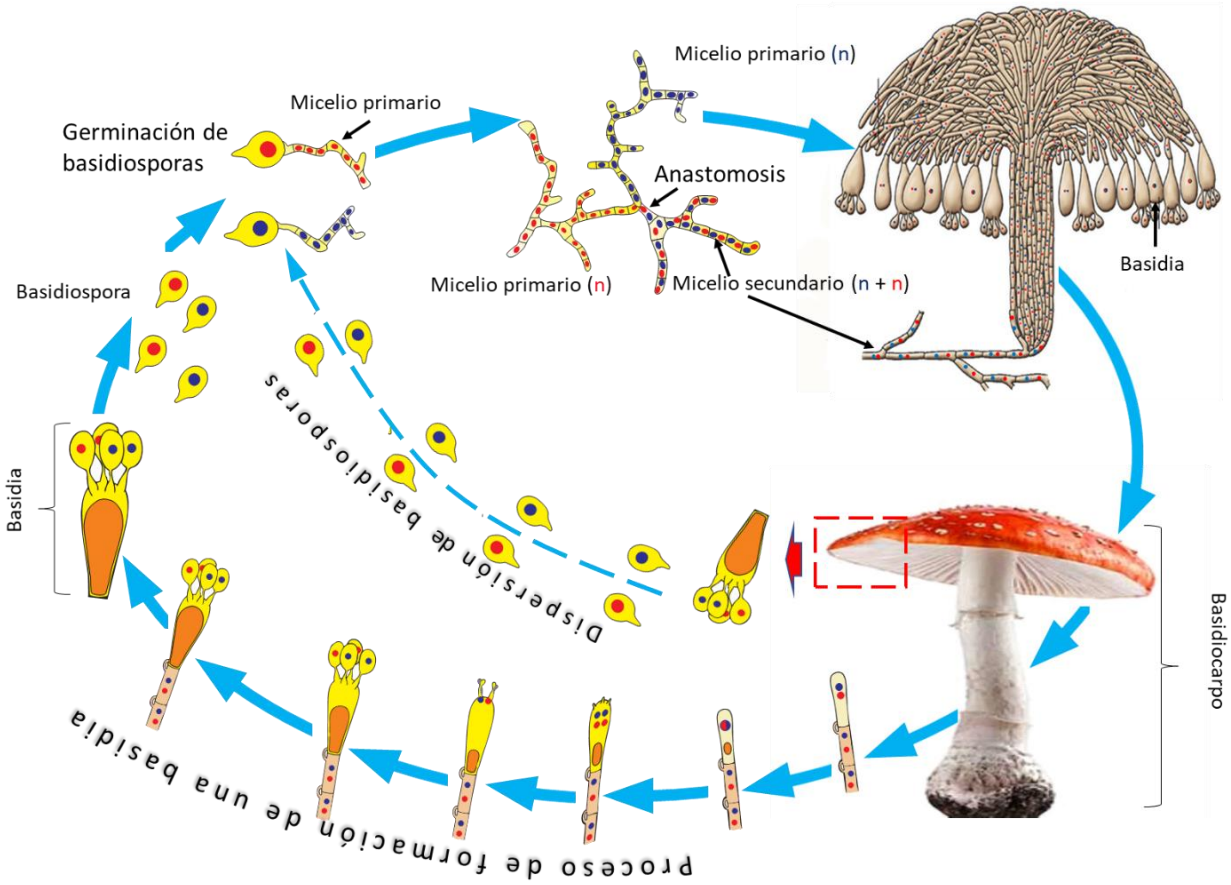


Figura 190. Ciclo de vida de un basidiomycota con basidiocarpo.

Clasificación taxonómica

La taxonomía ha cambiado sustancialmente por el uso de herramientas moleculares en la filogenia de los seres vivos. En el Cuadro 10, se presenta las categorías taxonómicas de mayor relevancia, desde el punto de vista fitopatológico, agronómico o alimenticio.

La clasificación está basa en la propuesta planteada por Hibbett et al. (2007), Kirk et al. (2008) y Petersen JH (2013) (Figuras 25 y 26).

En el Cuadro 10, se presenta las categorías taxonómicas de uso actual en su clasificación; asimismo, en la Figura 191, se presenta el cuadro sinóptico que incluye los géneros representativos con su correspondiente fase asexual.

Cuadro 10. Clasificación taxonómica de los Basidiomycotas.

Division	Sub Division	Clase	Sub clase	Orden	Familia
Basidiomycota	Agarimycotina	Agaricomycetes	Phallomycetidae	Sin importancia Fitopatologico	
			Agaricomycetidae	Agaricales	Agaricaceae
					Amanitaceae
					Pleurotaceae
					Tricholomataceae
					Mycenaceae
					Physalacriaceae
					Lepiotaceae
				Boletales	Boletaceae
				Atheliales	Atheliaceae
			Auriculariomycetidae	Auriculariales	Auriculariaceae
			Incertae sedis	Corticiales	Corticiaceae
			Incertae sedis	Polyporales	Polyporaceae
					Ganodermataceae
			Incertae sedis	Cantharellales	Ceratobasidiaceae
	Pucciniomycotina	Pucciniomycetes	Incertae sedis	Pucciniales	Pucciniaceae
					Cronartiaceae
					Phakopsoraceae
					Phragmidiaceae
				Septobasidiales	Septobasidiaceae
	Ustilagomycotina	Ustilaginomycetes	Ustilaginomycetidae	Ustilaginales	Ustilaginaceae
				Urocystales	Urocystaceae
					Glomosporiaceae
		Exobasidiomycetes	Exobasidiomycetidae	Tilletiales	Tilletiaceae
				Exobasidiales	Exobasidiaceae

Subdivisión	Clase	Subclase	Orden	Familia	Genero y especie	Fase asexualg
División Basidiomycotas						
Agarimycotina	Agaricomycetes	Phallomycetidae	Sin importancia Fitopatológica			
		Agaricomicitidae	Agaricales	Agaricaceae	*Agaricus bisporus*	
				Amanitaceae	*Amanita muscaria*	
				Pleurotaceae	*Pleurotus streatus*	
				Tricholomataceae	*Moniliophthora perniciosa*	*Moniliophthora roreri*
					Armillaria mellea	
				Mycenaceae	*Mycena citricolor*	*Decapitatus flavidus*
				Physalacriaceae	*Strobilurus tanaceli*	
				Lipiotaceae	*Leucocoprinus gongylophorus*	
			Boletales	Boletaceae	*Boletus edulis*	
			Atheliales	Atheliacee	*Athelia rolfsii*	*Sclerotium rolfsii*
						Sclerotium cepivorum
		Auriculariomycetidae,	Auriculariales	Auriculariaceae	*Auricularia auriculata*	
		Incertae sedis	Corticiales	Coticiaceae	*Erythricium salmonicolor*	*Necator decretus*
		Incertae sedis	Polyporales	Polyporaceae	*Polyporus sp.*	
				Ganodermataceae	*Ganoderma sp.*	
		Incertae sedis	Cantarellales	Ceratobasidiaceae	*Corticium koleroga*	*Rhizoctonia solani*
					Thanatephorus cucumeris	
Pucciniomycotina	Pucciniomycetes	Incertae sedis	Pucciniales	Pucciniaceae	*Puccinia sp., Hemileia sp.*	
					Uromyces sp.	
				Cronatiaceae	*Aecidium plukenitiae*	
				Phakopsoraceae	*Bubakia Erythroxylonis*	
				Phragmidiaceae	*Phragmidium mucronatun*	
		Incertae sedis	Septobasidiales	Septobasidiaceae	*Septobasidium sp.*	
Ustilagomycotina	Ustilaginomycetes	Ustilaginomycetidae	Ustilaginales	Ustilaginaceae	*Ustilago spp.*	
			Urocystales	Urocystaceae	*Urocystis cepulae*	*Paepalopsis sp.*
				Glomosporiaceae	*Thecaphora solani, T. frezzi*	*Thecaphorella sp.*
	Exobasidiomycetes	Exobasiomycetidade	Tilletiales	Tilletiaceae	*Tilletia carie/T. barclayana*	*Tilletiela sp.*
			Exobasidiales	Exobasidiaceae	*Exobasidium sp.*	

Figura 191.Cuadro sinóptico de la clasificación de la división Basidiomycota

Sub División: Agarimycotina (=Clase Basidiomycetes)

La mayoría de los Basidiomycotas se agrupan en esta subdivisión, se han descrito aproximadamente 22 100 especies que corresponden al 70% de los Basidiomycota conocidos. Forman sus basidias y basidiosporas sobre o dentro de basidiocarpos que tienen una gran variedad de formas y texturas.

12.1 Clase: Agaricomycetes

La mayoría presenta Basidiocarpo, sus basidias pueden ser septadas (fragmobasidias) o carecer de ellas (holobasidias) formados en un basidiocarpo. No forman teliosporas (tipo de espora conservativa). Son parásitos de planta, con importancia económica, otros son simbiontes (ectomicorrizas) y la mayoría son saprófitos descomponedores de la materia orgánica. Se subdividen en 2 subclases, 17 órdenes, 100 familias, 1 147 géneros y aproximadamente 20 951 especies.

Subclase: Phallomycetidae (=Phragmobasidiomycetidae)

Agrupa a 04 órdenes (Geastrales, Gomphales, Hysterangiales y Phallales) que no tienen importancia, desde el punto de vista fitopatológico; por ello, no se desarrollan en este texto. En la figura 192, se muestran los variados basidiocarpos que poseen algunos ordenes taxonómicos de esta subclase.

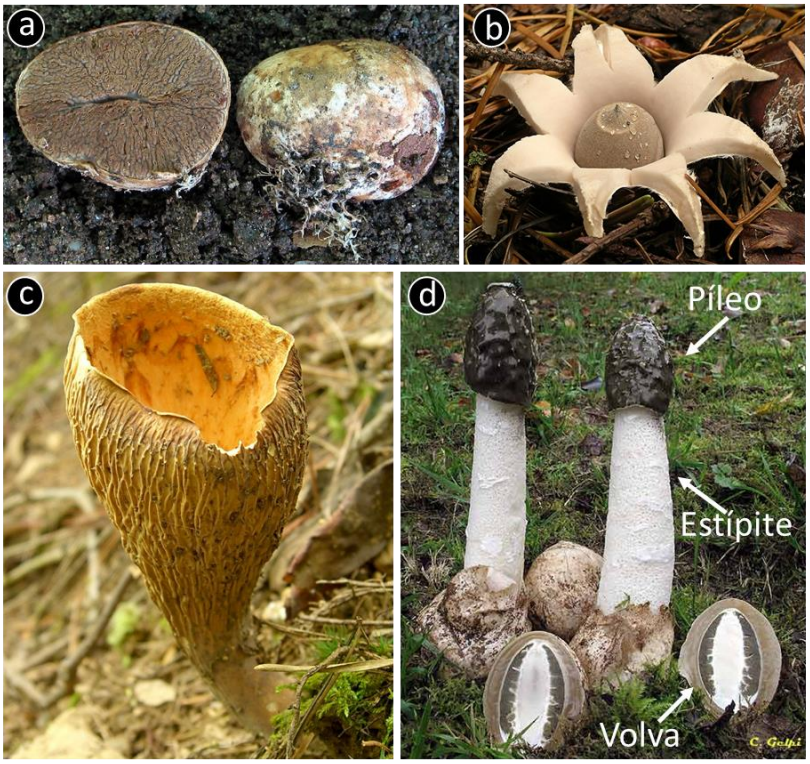


Figura 192. Géneros representativos de los Phallomycetidae:

a) *Hysterangium pompholyx* (Hysterangiales).

b) *Geastrum saccatum* (Geastrales).

c) *Gomphus floccosus* (Gomphales).

d) *Phallus impudicus* (Phallales).

Fuente:

a: www.myko.cz.

b y c: http://tolweb.org

d: http://micoex.org.

12.1.1 Orden: Agaricales

Son los hongos conocidos como sombrero, por la forma de sombrilla que poseen (Figura 193). Son de interés porque algunas se asocian con plantas superiores para formar micorrizas, otras son comestibles, venenosas, alucígenos y otros son parásitas de plantas, pero fundamentalmente son saprófitas. También, en este orden, se encuentra el hongo que cultivan las hormigas cortadoras de hojas. Agrupa a 33 familias, 413 géneros, y alrededor de 13 000 especies descritas.

A partir del micelio secundario que invade todo el sustrato, se inicia el proceso de formación del basidiocarpo, el cual consiste en el entrelazamiento del micelio primario hasta formar una estructura en forma de huevo, llamado **volva** (Figura 192-d). A partir de la volva, emerge y crece el **estípite** o pie, en su ápice tiene en desarrollo el **píleo** o sombrero, y el **himenio.** El **píleo,** es la parte carnosa y es la más apreciada desde un punto de vista de valor nutricional y gastronómico. Su función es formar y proteger al himenio que se forma en su cara opuesta. En el **himenio** se producen las basidias y basidiosporas (Figura 193-a). El estípite está adherido al substrato por medio de rhizoides.

Agaricus bisporus - Alimenticio *Amanita muscaria* - Psicoactivo *Strobilurus tenacellus* - Ectomicorriza

Figura 193. Agaricales de importancia. a) hongo alimenticio - Champiñones. b) uno de los basidiomycotas más hermosos su consumo en seco produce alucinaciones; los compuestos psicoactivos son la muscarina y el muscimol. La especie Amanita phalloides es venenoso. c) son hongos micorríticos asociados al pino de este hongo se extrae un metabolito secundario denominado “strobilurinas” que se emplea como fungicida. Fuente: a) http://setas-hongos.blogspot.com b) http://www.amanitacesarea.com c) http://www.naturfoto.cz

Por su importancia fitopatogénica o importancia alimenticia, describiremos las siguientes familias: Agaricaceae, Amanitaceae, Pleurotaceae, Tricholomataceae, Mycenaceae, y Lepiotaceae.

Familia: Agaricaceae

En esta familia se agrupa a 85 géneros y más de 1 340 especies; cabe resaltar que la mayoría son comestibles y algunas son venenosas. El género *Agaricus* es el más importante y se calcula que existen unas 300 especies en el mundo. *Agaricus bisporus* es la especie de mayor cultivo en el mundo y se le conoce con el nombre de champiñón. Son ricos en minerales como el selenio, magnesio, fósforo, yodo, calcio, zinc y potasio, vitaminas A, B1, B2, B3, B5, B9, C, D y E, proteína vegetal y fibra; por estas características, los champiñones tienen acción antioxidante, hepatoprotectora, antianémica, inmunoestimulante y diurética. En la Figura 194, se muestra el cultivo comercial de *Agaricus bisporus.*

Figura 194. Cultivo comercial de *Agaricus bisporus*. Hongo comestible denominado "champiñones". Tomado de: http://agriculturers.com/produccion-de-champinones/

Familia: Amanitaceae.

Agrupa a 03 géneros y más de 521 especies. Poseen una amplia distribución a nivel mundial y sus especies establecen relaciones micorríticas (ectomicorrizas) con árboles de diversas especies, otras son comestibles, toxicas o venenosas (Figura 195). A continuación, se citan las especies de importancia.

Amanita caesarea

Su sabor y su aroma son muy agradables, y puede ser consumida incluso cruda. Abunda en los bosques caducifolios de Europa.

Amanita muscaria

Esta especie contiene alcaloides psicoactivos, con propiedades alucinógenas, y ha sido empleada en ritos de distintas religiones, en diferentes partes del mundo. Posee numerosas sustancias tóxicas, entre ellas el muscimol, la muscazona y la muscaridina. Aunque son poco frecuentes, han ocurrido casos de muertes humanas por su consumo,

principalmente de niños y personas de edad avanzada. No existe tratamiento para este tipo de envenenamiento.

Amanita phalloides

Conocida con el nombre de “hongo de la muerte”, es la especie de seta más mortífera para los seres humanos. Una de las causas de muerte, por culpa de esta seta, es porque son fácilmente confundibles con algunas especies comestibles. Además, las toxinas de este hongo afectan el hígado y los riñones, pudiendo ocasionar un síndrome denominado **falodiano**, que es de acción lenta y de difícil identificación; por ello, cuando se presenta el síndrome falodiano, se hace necesario un trasplante de hígado, ya que se ha ocasionado un daño severo. Sin embargo, existe un antídoto desarrollado por el instituto Pasteur, pero este es de eficacia limitada.

Amanita caesarea (Alimenticio) *Amanita muscaria* (Psicoactivo) *Amanita phalloides* (Venenoso)

Figura 195. Especies de *Amanita* empleados en diferentes usos.

Familia: Pleurotaceae

Pleurotus ostreatus crece sobre troncos de árboles caídos, en proceso descomposición, en bosques; asimismo, no actúan como parásitos. Además, *Agaricus bisporus* es otro de

Figura 196. Basidiocarpos de *Pleurotus streatus* en condiciones naturales y cultivo en sustrato.

los hongos alimenticios más cultivados en el mundo, puesto que poseen elevados contenidos de zinc, calcio, potasio, hierro, ácido fólico, niacina, vitamina B1 (Figura 196). Es una excelente alternativa para aquellas personas que han tomado la decisión de seguir una dieta vegetariana, por ser nutricionalmente mayor que la carne. Su elevado contenido de potasio, lo convierte en uno de los alimentos que tiene la capacidad de prevenir las enfermedades cardio vasculares y la hipertensión.

Familia: Tricholomataceae

La familia agrupa a 78 géneros y a más de 1 020 especies. Agrupa a géneros de importancia fitopatológica, entre los que destacan *Armillaria* (hongo xilófago), *Mycena citricolor* (causante de la enfermedad ojo de gallo en café), *Moniliophthora perniciosa* (causante de la enfermedad de la escoba de bruja en cacao) y *Marasmius* (saprófito abundante en la selva peruana).

Nombre de la enfermedad: "Escoba de bruja" en cacao

Agente causal: *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime. Su fase asexual está asociada a *Moniliophthora roreri*. Esta determinación solo ha sido posible establecerla por la secuencia de su ADN; sin embargo, bajo condiciones de campo, ambas especies se comportan como hongos independientes con ciclos patogénicos diferentes.

Clasificación:
División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Agaricales
Familia: Tricholomataceae
Género: *Moniliophthora perniciosa*
F. asexual: *Moniliophthora roreri*

Sus basidiocarpos son pequeños y se forman en todo tejido infectado, en estado necrótico. En la Figura 197, se presenta su forma, tamaño y color.

Figura 197. Forma y tamaño referencial de los basidiocarpos de *M. perniciosa* comparado con una moneda de dos soles (2.2 cm de diámetro).

Tejidos que infecta: Cojín floral, brotes, ramas y frutos.

Síntomas: causan hipertrofias en tejidos con crecimiento activo; sin embargo, la forma varía, según el órgano de la planta al cual infecte. En los frutos causa manchas necróticas, en yemas vegetativas y florales “escoba”, en ramas y chupones causa cancros.

Síntomas en frutos:

a. Frutos Chirimoyos/zanahoria: se llama así a aquellos frutos que toman la forma de una "chirimoya", "fresa" o "zanahoria"; esas frutas, son formadas por una hipertrofia del ovario en la floración, y son partenocárpicos (frutos sin semilla); por lo tanto, se necrosan y momifican rápidamente (Figura 198).

Figura 198. Frutos hipertrofiados por *M. perniciosa* que adoptan diferentes formas (chirimoya, zanahoria o fresa) y se necrosan rápidamente por ser

a.2. Deformación de frutos

Cuando la infección ocurre en frutos menores de 3 meses de edad, se deforman produciendo una hipertrofia en forma de “joroba” (Figura 199), por donde se inicia el proceso de necrosamiento. Estas jorobas, también, son producidas por el hongo causante de la “moniliasis”; la diferencia está en el color de la mancha necrótica, si es color negro es “escoba” y si es de color “chocolate” es “moniliasis”.

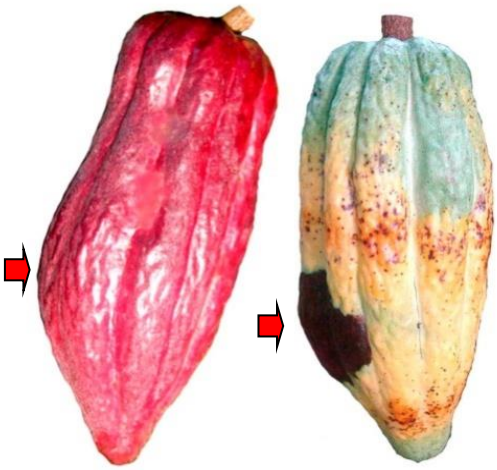


Figura 199. Deformación de frutos en forma de joroba. Este síntoma también es causado por “moniliasis”.

a. 3. Pudrición de frutos

La pudrición se caracteriza por producir una mancha necrótica de color negro intenso, como la brea empleado en el asfalto; siendo más evidente en los frutos de cáscara verde (Figura 200).

Figura 200. La pudrición de frutos por “escoba de bruja” se caracteriza por que la mancha es de color negro intenso como la brea que se emplea en los asfaltos.

Cuando se parte un fruto enfermo, se puede observar que la pudrición en la parte interna es más amplia, lo que significa que la necrosis avanza de la parte interna hacia la parte externa (Figura 201). Esta forma de avance de la necrosis es igual en la “moniliasis”.

Figura 201. Tamaño de la pudrición externa e interna de un fruto de cacao afectado por “escoba de bruja”.

A medida que la pudrición avanza, el fruto se va deshidratando hasta quedar totalmente momificado y adherido a planta; bajo estas condiciones y después de una lluvia, se forman, sobre ellos, los basidiocarpos de consistencia carnosa (Figura 202).

Figura 202. Proceso de pudrición de un fruto de cacao afectado por *Moniliophthora perniciosa* y formación de basidiocarpos en frutos momificados.

B. Síntomas en brotes

El síntoma típico de la enfermedad "escoba de bruja", se forma en los brotes; este síntoma consiste en el crecimiento excesivo de las yemas laterales, dando la forma de una escoba. Los brotes infectados son gruesos, abultados, las hojas son muy suaves y

Figura 203. Síntoma de Escoba de bruja en brotes. Observe las escobas verdes y secas, cuando está verde significa que no hay peligro de contagio; por ello, es importante removerlo cuando todavía están verdes.

angostas, y tienen un color verde claro, en vez del verde oscuro o verde-rojizo de las hojas sanas (Figura 203.). Al cabo de unos meses, toda la escoba comienza a necrosarse, adquiriendo la forma de "escoba seca".

C. Cojines florales:

Cuando la infección ocurre en las yemas florígenas, estas producen abundante cantidad de flores, siendo más grandes de lo normal. Todas las flores se necrosan y quedan adheridas. Algunas flores infectadas, continúan desarrollándose como frutos que toman diferentes formas como: chirimoya, fresa o zanahoria, pero no crecen más de 5 cm debido a la momificación que sufren (Figura 204).

Figura 204. Síntoma de Escoba de bruja en yemas florales. En algunos casos, sólo hay un aumento en el tamaño y grosor de las flores; en otros casos, hay un aumento excesivo de flores, que luego forman frutos tipo chirimoyo.

D. Chupones: además, de presentarse el engrosamiento de las yemas terminal, causa cancros en diferentes puntos del tallo, ocasionando la rajadura y posterior muerte del tallo. En otros casos, se forma el síntoma de escoba en la yema terminal (Figura 205).

Figura 205. Síntoma de Escoba de bruja en chupones basales. Es importante reconocer estos síntomas para evitar hacer los injertos sobre estos por que llegará a morir

E. Escoba en plántulas: En plantas de vivero, ocasiona sólo el hinchamiento de la yema terminal en otros se produce el síntoma típico de “escoba de bruja” (Figura 206)

Figura 206. Síntoma de Escoba de bruja en plántulas de vivero. Para evitar estos daños, no instales viveros cercanos a plantaciones de cacao no manejados técnicamente.

Ciclo patogénico

La Figura 206 muestra en detalle los eventos que se suceden desde el momento de la infección de basidiósporas en una yema terminal de cacao. El micelio primario formado por cada basidióspora coloniza los tejidos de la yema terminal induciendo en ellas, el desbalance de la concentración de la fitohormona auxina que ejerce la dominancia. Este desbalance hormonal conlleva al crecimiento hipertrófico de las yemas laterales causando el síntoma típico de “escoba”. Todos los tejidos hipertrofiados son colonizados por el micelio primario desarrollando su fase parasítico o biotrófico (fuente de alimentación de tejidos vivo). Se reporta que los primeros síntomas de hipertrofia en la yema terminal son visibles a los 45 a 50 días después de la infección.

Los basidiocarpos productores de las unidades infectivas no pueden ser formados sobre escobas verdes, debido a la condición de micelio primario, para formarlos es necesario la fusión de dos micelios primarios compatibles a través del proceso de anastomosis; para ello el micelio primario produce toxinas como celulasas, pectinasas y peroxidasas que causan el necrosamiento de los tejidos colonizados. El micelio secundario formado invade coloniza todo el tejido necrosado pasando a su fase saprofítica o necrotrófica.

Las condiciones favorables para la formación de basidiocarpos sobre los tejidos necrosados es que estén mojados, se ha calculado que tres horas lluvia y sobre todo las nocturnas favorecen su formación.

El ciclo patogénico se presenta en la Figura 208, las partes enumeradas representan los procesos más relevantes en este ciclo.

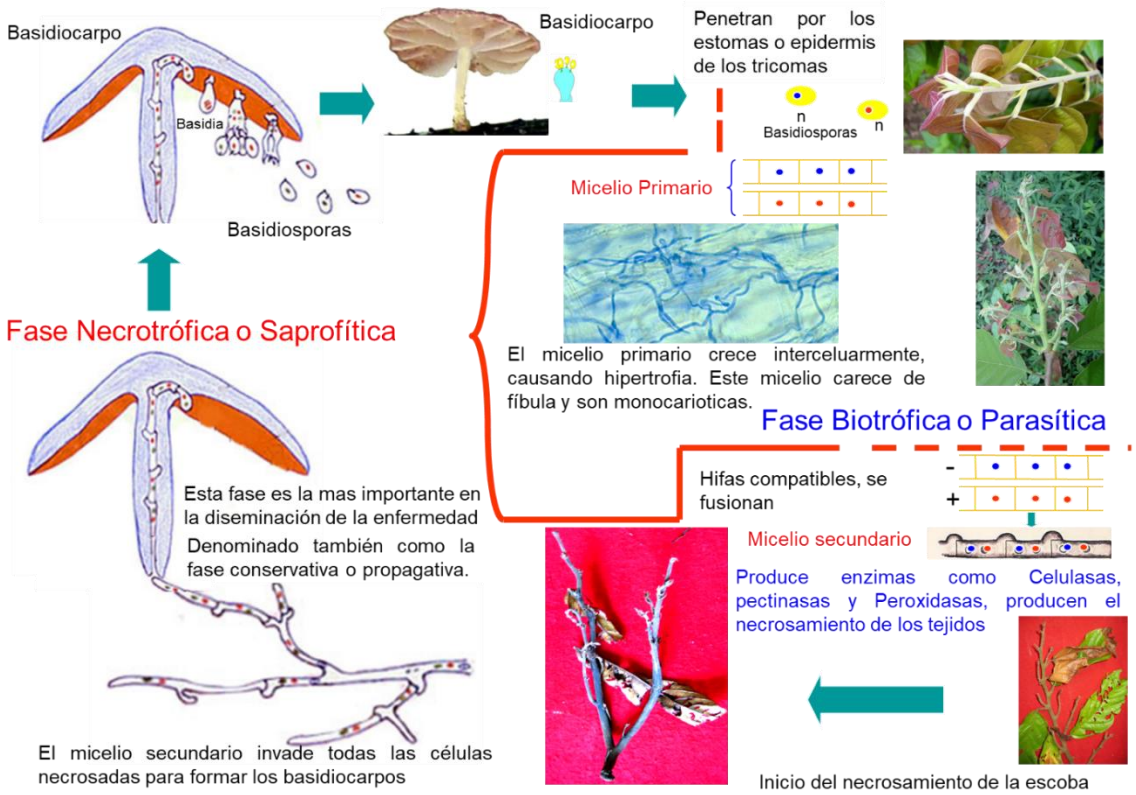


Figura 207. Esquema representativo del proceso de infección, colonización y formación de basidiocarpos de *Moniliophhthora perniciosa* en una yema terminal de cacao.

En la parte 1. *M. perniciosa* se mantiene de una campaña a otra en las escobas vegetativas secas o cualquier otro tejido infectado que se mantienen en el árbol; cuando se presentan las lluvias se forman los basidiocarpos que liberan basidiósporas.

En la parte 2. Las basidiósporas son diseminadas por las gotas de lluvia y principalmente por el viento hacia yemas vegetativas, cojines florales, frutos en crecimiento y chupones basales en los cuales germina e infecta.

En la parte 3. Producida la infección el micelio primario invade todo el tejido causando los síntomas característicos de la enfermedad: “escoba”.

En la parte 4. Los tejidos infectados después de unos 3 a 4 meses empiezan a secarse por la liberación de toxinas. Con las lluvias y en un ambiente se luz difusa se formarán sobre ellas los basidiocarpos

En la parte 5. Desde la infección de las basidiósporas hasta la formación de nuevos basidiocarpos se requiere de un tiempo aproximado de 5 a 6 meses; de tal manera que en un ciclo productivo de un fruto de cacao (aproximadamente 6 meses), *M. perniciosa* desarrollará un solo ciclo, en consecuencia, la escoba de bruja es una enfermedad monocíclica; mientras que la moniliasis y pudrición parda son enfermedades policíclicas.

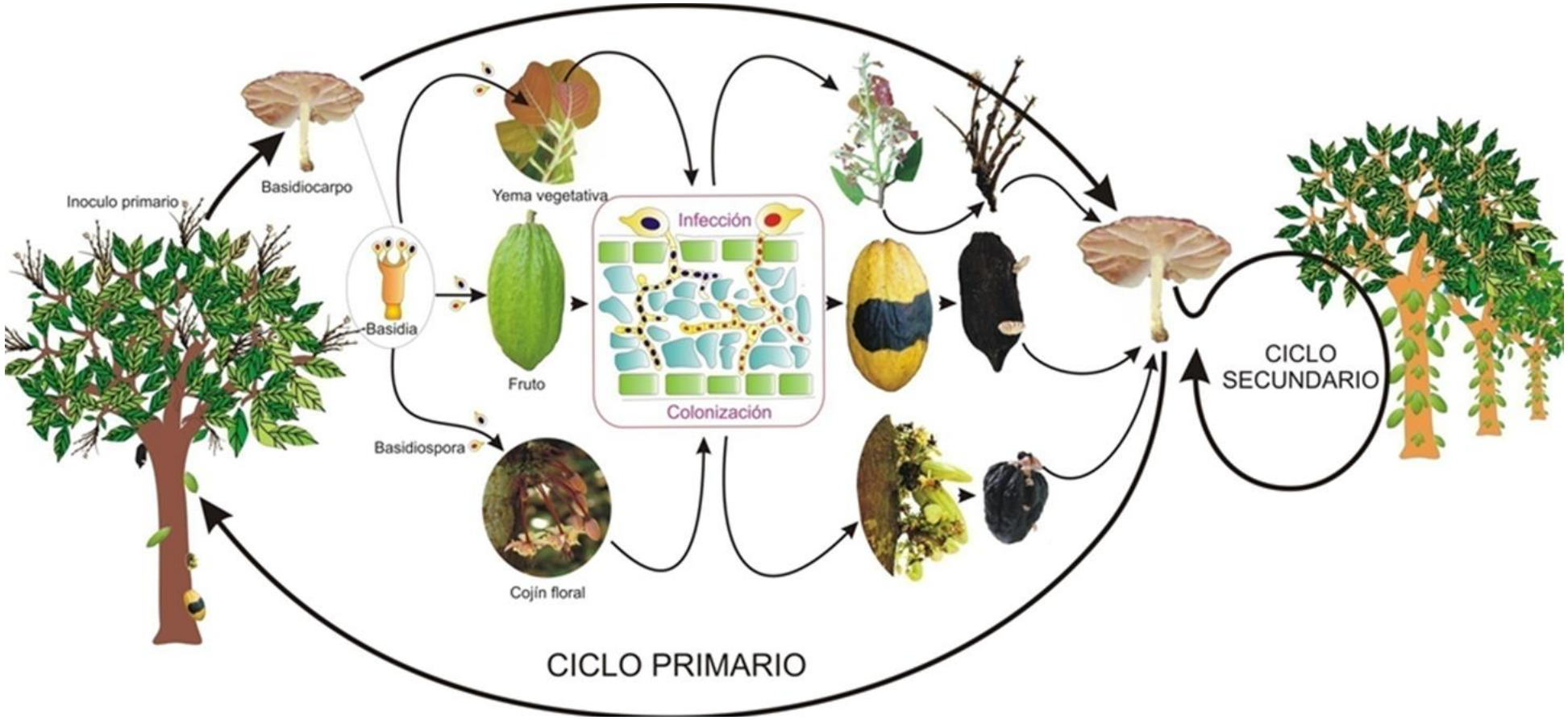


Figura 208.Ciclo patogénico *de Moniliophthora perniciosa* en cacao

Nombre de la enfermedad: Moniliasis del cacao

Agente causal: *Moniliophthora roreri* (Cif and Par) Evans et al.

Fase asexual de *Moniliophthora perniciosa*.

Tejidos que infecta: solo frutos.

Síntomas: Esta enfermedad solo se presenta en frutos, inmediatamente después de haberse realizado la fecundación. La expresión de los síntomas depende de la edad del fruto.

Clasificación:

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Moniliophthora perniciosa*

F. asexual: *Moniliophthora roreri*

A. Síntomas en frutos menores a dos meses: por lo general, causa una madurez prematura o amarillamiento de frutos (se confunde con la enfermedad cherelle wilt), hasta un mes de edad; después, produce deformaciones (Figura 209).

Figura 209. Síntomas de *Moniliophthora roreri* en frutos menores de dos meses de edad.

B. Síntomas en frutos de 2 a 6 meses: los sitios de infección se tornan cloróticas con puntos aceitosos o húmedos, que se unen para formar una mancha de color chocolate. Los frutos infectados son más pesados que los frutos sanos. Sobre esta mancha, en 3 a 8 días, se forma una masa pulverulenta de color blanco y, posteriormente, se vuelve de color cremoso (Figura 210). A medida que la mancha chocolate se extiende en todo el fruto, también sigue la esporulación; de esta manera, el fruto en el árbol sigue un proceso de deshidratación y momificación, sin embargo, la esporulación se reinicia cada vez que se rehidrata por efecto de las lluvias. Se ha estimado que un fruto momificado en el árbol puede seguir produciendo conídias viables hasta por 12 a 14 meses (Figura 211).

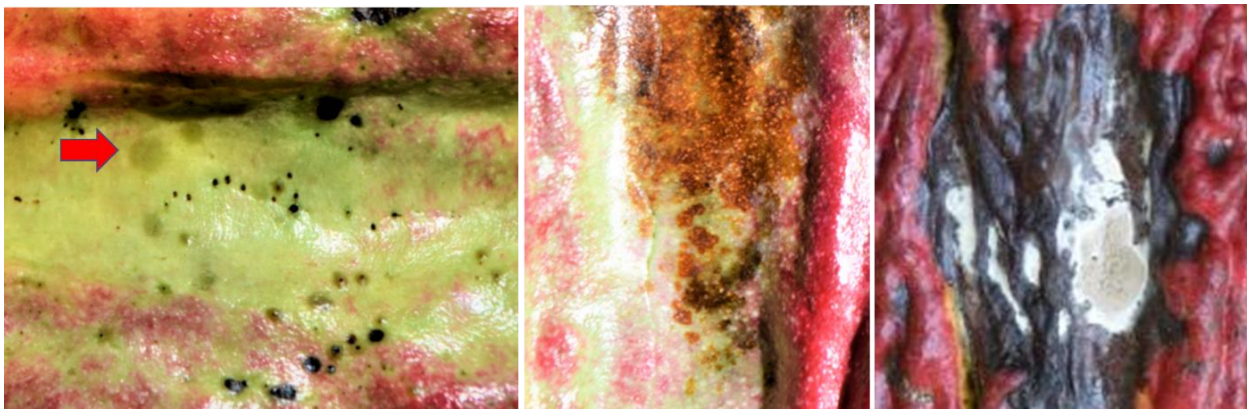


Figura 210. Manifestación de los primeros síntomas externos en frutos de cacao causados por *Moniliophthora roreri*. Observe los puntos aceitosos o acuosos, mancha chocolate y la esporulación sobre ella.

Figura 211. Síntomas y esporulación de *M. roreri* en frutos de más de 02 meses de edad..

Los primeros síntomas que se producen en los frutos son los daños internos; estos daños, inician con el necrosamiento de la placenta y granos, luego avanzan hacia la parte externa (Figura 212). Esta forma de avance, desde la parte interna hacia a la externa, es igual en “escoba de bruja”, pero totalmente opuesta al ataque de “pudrición parda”.

Figura 212. Desarrollo de síntomas necróticos desde la parte interna del fruto hacía la parte externa.

Ciclo patogénico

En la figura 213, se describe el ciclo patogénico de *Moniliophthora roreri* que consta de las siguientes partes:

En la parte 1. Las unidades infectivas que en este caso están constituidas por conídias se mantienen de una campaña a otra, en los frutos enfermos o momificados que han escapado a la remoción en las podas de formación y fitosanitarias. Se ha reportado que un fruto momificado por la infección puede mantener viable a las estructuras del hongo hasta por 12 a 14 meses si esta se mantiene en el árbol. Al humedecerse en cada lluvia, el micelio que se mantiene en el interior del fruto y la cáscara se activa y forma una cantidad grande de conídias que son diseminados por el viento.

En la parte 2. Las conídias sólo infectan frutos en cualquier etapa de su desarrollo, para la germinación se necesita agua líquida sobre la superficie del fruto. La penetración se realiza a través de estomas y lenticelas del fruto. La colonización del micelio ocurre en la parte interna del fruto (placenta y granos). La manifestación de síntomas dependerá de la edad del fruto al momento de la infección (ver página 198).

En la Parte 3. Los síntomas característicos de la enfermedad se producen en frutos infectados después de los dos meses de edad. A los 40 a 50 días después de la infección se visibiliza la formación en la cáscara la formación de puntos aceitosos o acuosos que

al necrosarse y unirse con otros forman una mancha necrótica de color chocolate.

En la parte 4. Sobre la "mancha chocolate" a unos 5 a 8 días después de su formación, se observa la presencia de una masa pulverulenta que inicialmente es de color blanco formado principalmente por un conjunto conidióforos que emergen de los estomas o lenticelas.

En la parte 5. El centro de la masa blanquecina cambia a un color crema, que constituye la formación en cadenas de cientos de conídias que se van acumulando en capas que en días secos son diseminados por el viento a grandes distancias y por la lluvia dentro de la misma planta. Se ha estimado que un fruto totalmente esporulado se produce alrededor de 7 billones de conídias.

En la parte 6. Las conídias formadas en los frutos al inicio de la campaña producen el inoculo inicial que infectaran a los frutos que se forman o formaran en la campaña productiva, para las condiciones del Alto Huallaga la campaña productiva o grande se inicia en el mes de diciembre a agosto. Si consideramos que el tiempo requerido desde la infección a la formación de nuevas estructuras infectivas de aproximadamente 60 días, significa que en la campaña productiva que dura 6 meses; *M. roreri* realizará al menos tres ciclos infectivos, por lo que se considera junto a *Phytophthora* como una enfermedad de naturaleza policíclica.

M. roreri no forma estructuras conservativas por tanto no tiene capacidad de sobrevivir en los frutos removidos y dejados en el suelo. Se estima que el aporte porcentual de estructuras infectivas a partir de frutos esporulados dejados en el suelo es del 5%

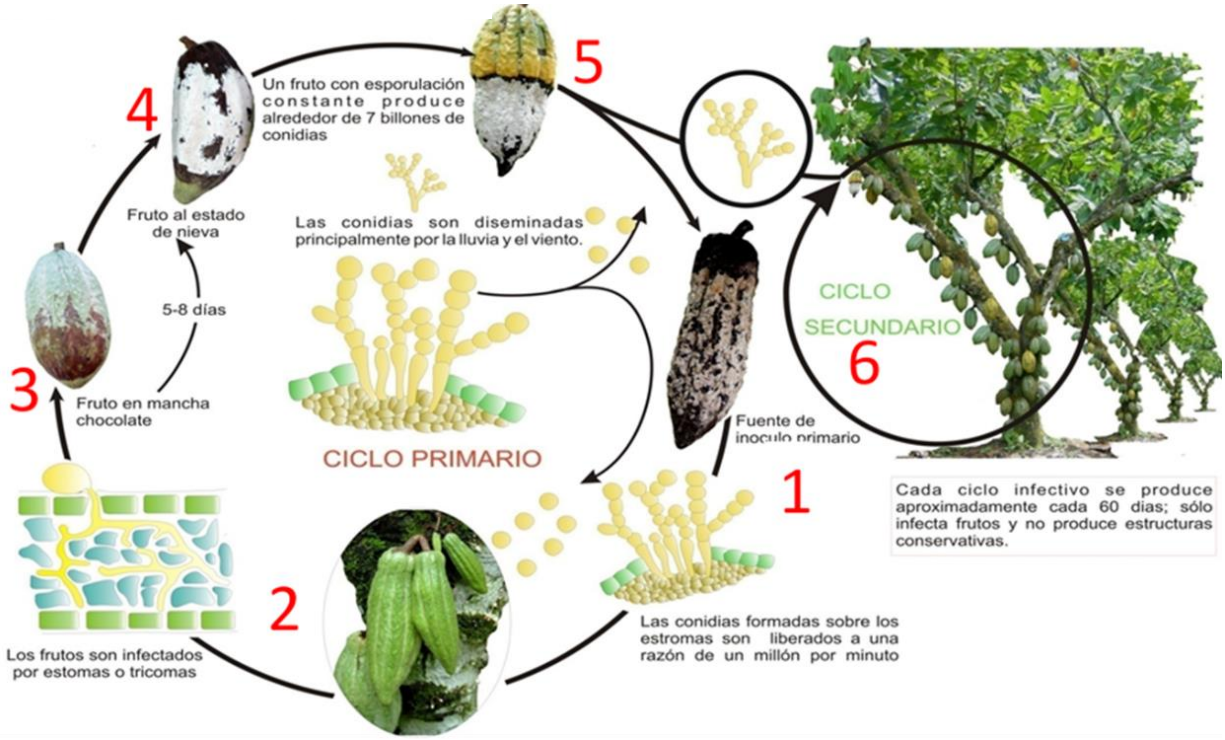


Figura 213. Ciclo patagónico de *Moniliophthora roreri* sobre frutos de cacao

Nombre de la enfermedad: “pudrición blanca”- especies forestales

Agente causal: *Armillaria mellea* (Vahl.:Fr.) Karsten.

Son hongos eminentemente destructores de madera tanto de árboles en pie como madera beneficiada o aserrada. En su estado saprofítico sobreviven en tocones y raíces en estado de descomposición.

Clasificación:

División: Basidiomycota

Clase: Agaromicetes

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Armillaria mellea*

F. asexual: No determinado

Síntomas:

El daño primario que causa esta enfermedad es la pudrición de todo el sistema radicular y el cuello de planta de numerosas especies arbustivas y arbóreas. A consecuencia, de esta pudrición radicular en la parte aérea se observan síntomas de clorosis, marchitez y posterior muerte de la planta. El contagio de le enfermedad se produce por el contacto de raíces infectadas con raíces sanas.

En el Alto Huallaga, esta enfermedad no es un problema, los síntomas y signos de esta enfermedad son semejantes a los causados por “pie negro” (Figura 91 y 92) por lo que es necesario realizar un buen proceso de diagnóstico. Una de las características de *Armillaria* es que produce a pie de planta basidiocarpos.

Figura 214. Rhizomorfos de *Armilaria mellea* sobre el tallo y raíces de plantas. Fuente: https://projects.ncsu.edu

Familia: Mycenaceae

Agrupa a 10 géneros y aproximadamente 705 especies. Se caracterizan por formar basidiocarpos muy pequeños y frágiles. En su fase sexual, son eminentemente saprófitos colonizadores de madera y hojarasca.

Nombre de la enfermedad: "Ojo de gallo" - café

División:	Basidiomycota
Clase:	Agaricomycetes
Orden:	Agaricales
Familia:	Mycenaceae
Género:	*Mycena citricolor*
Fase asexual:	*Decapitatus flavidus*

Esta es una de las enfermedades que causa graves pérdidas en la producción de café en cafetales que se ubican a alturas superiores a los 1200 msnm. Solo afecta a cafés de zonas de altura en América.

Agente Causal: M*ycena citricolor* (Berk. & Curtis) Sacc.

Sea establecido que *M. citricolor* produce dos tipos de estructuras tipo píleo una estéril y otra fértil, con completa diferenciación. La primera corresponde al basidiocarpo formado en las hojas necrosadas que se encuentran en la hojarasca y la segunda al píleo tipo “simena” que se forma en las manchas necróticas de las hojas y frutos que se encuentra en la planta; esta estructura se asume que corresponden a la fase asexual que corresponde al género *Decapitatus flavidus* (Cooke) Redhead & Seifert. antes *Stilbum flavidum*.

Las características morfológicas en la fase asexual no están bien claras por que los sinemas no producen la masa de conídias que forma todo sinema, por lo que no es posible calificarlo del todo dentro del género *Stilbum* o *Stilbella*. Los micólogos denominan a esta estructura como **gemas** y no los considerand como **sinemas** (Figura 215), consideran que la fase asexual de *Mycena citricolor* está en un proceso evolutivo que aún está en marcha. La duda que surge es si realmente producen el estado asexual o si presenta dos **morfos sexuales** (dos formas de estructuras sexuales diferentes).

Tejidos que infecta: hojas, ramillas y frutos

Síntomas:

En hojas: Los primeros síntomas se manifiesta en el haz y se caracteriza por la formación de pequeñas manchas de color rojo oscuro, luego se desarrollan manchas circulares o ligeramente ovaladas de color gris pajizo de hasta de 2 cm de diámetro o irregulares cuando se fusionan dos o más manchas (Figura 216). La mayor presencia de esta enfermedad se presenta en la parte baja de la planta. Ataques intensos causan defoliación.

En frutos: En los frutos se presentan manchas redondas, hundidas y de diferentes tamaños.

En ramillas tiernas: las manchas son necróticas hundidas, alargadas y causan la muerte de todo el brote (Figura 216).

Sobre los tejidos necrosado, principalmente en períodos lluviosos se forman abundantes gemas o sinemas (también llamados coremios) de color amarillo (Figura 148), que corresponde a la fase asexual. Estas estructuras propagativas son muy abundantes, ya que en una sola mancha se pueden producir hasta 100 gemas (Figura 215 y 216).

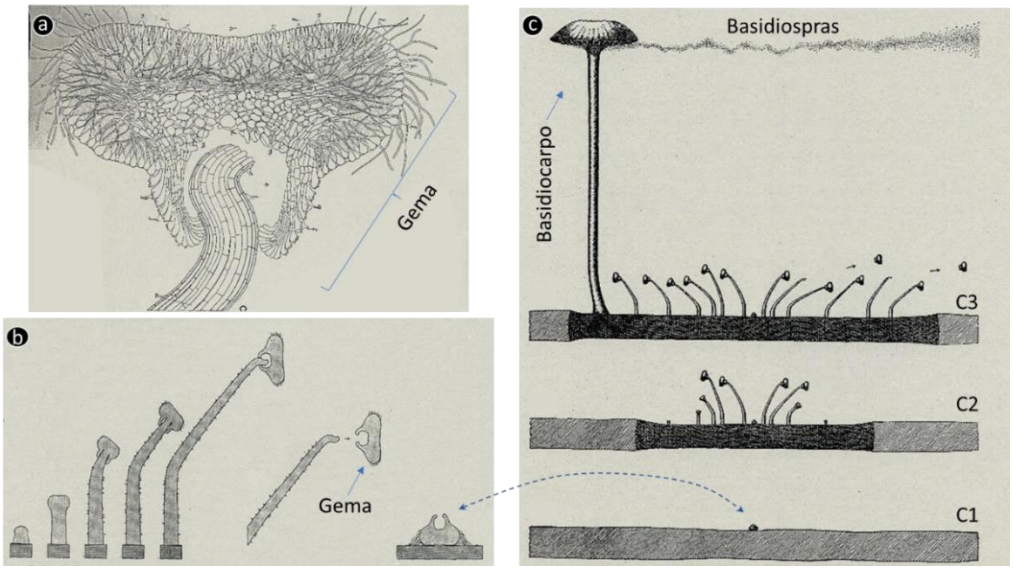


Figura 215. Dos morfos sexuales formados por *Mycena citricolor* en su ciclo de patogénico. La cabezuela formada en la punta del estípite se denomina gema (a, b y c), corresponde a la fase asexual. Basidiocarpo (c), corresponde la fase sexual. Modificado de: http://www7a.biglobe.ne.jp/~har-takah/page127.html

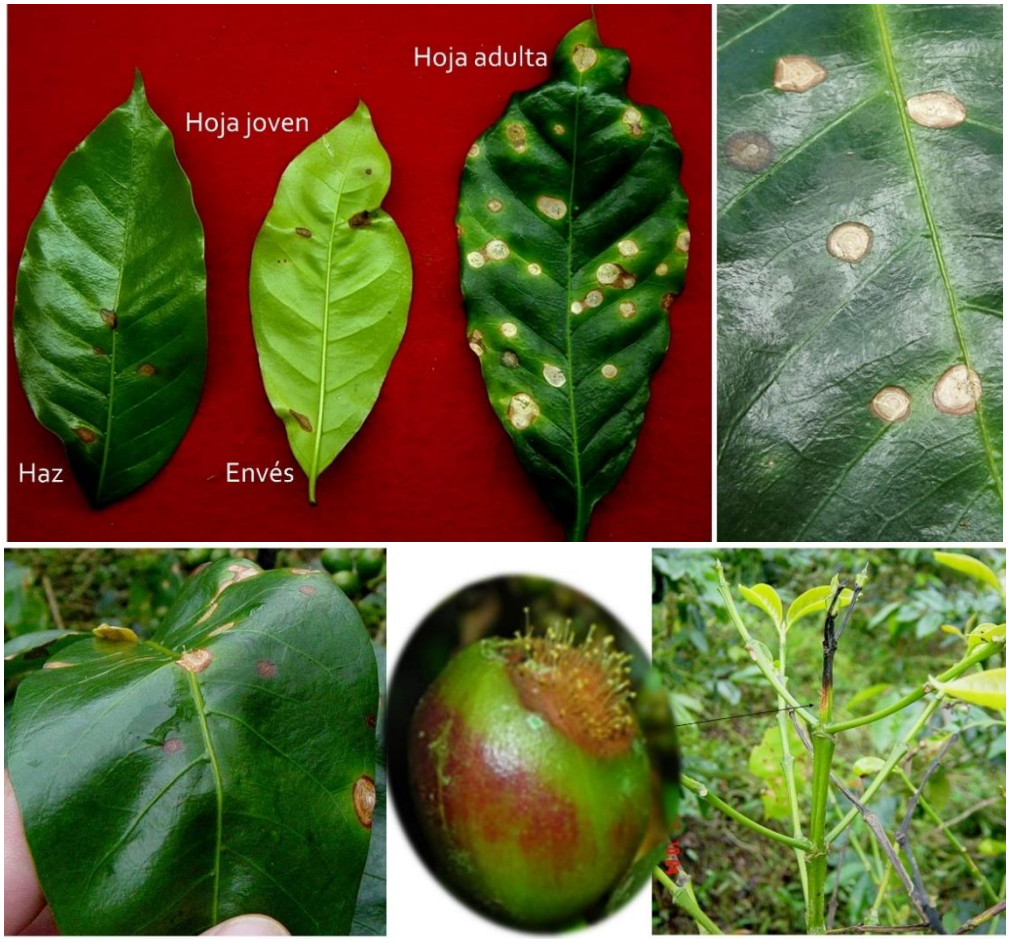


Figura 216. Síntomas y esporulación de *Decapitatus flavidus* sobre hoja, fruto y brote infectados.

La enfermedad también afecta a la mayoría de las plantas arvenses que crecen dentro de la plantación (Figura 217).

Figura 217. Síntomas de infección de *Decapitatus flavidus* sobre hoja de arvenses que se crecen dentro del cafetal

Ciclo patogénico

Bajo condiciones de alta humedad y temperatura relativamente baja, se inicia la producción de sinemas o coremios, sobre ellas se forman las cabezuelas o gemas que corresponden a la estructura propagativa de la fase asexual. Las gemas, una vez maduras, son desprendidas de su pedicelo y transportadas por el viento o por las gotas de lluvia a tallos, hojas y frutos cercanos, produciendo nuevas infecciones (fase asexual). Las hojas o frutos afectados son desprendidos formando un colchón de hojas debajo de la copa de la planta. Sobre las hojas necrosadas al inicio de las lluvias y bajo ciertas condiciones se forman basidiocarpos que liberan basidiosporas que son diseminados por el viento iniciando nuevos ciclos de infección (fase sexual).

En seguida se describe los eventos enumerados en el ciclo patogénico graficado en la Figura 218.

1. Formación de sinemas y gemas sobre tejidos necrosados (hojas, frutos y brotes).

2 y 3. Las gemas germinan sobre las hojas, frutos o brotes. Se requiere 2 días desde la deposición de la gema en el tejido hasta el desarrollo visual de los síntomas.

4. Sobre el tejido infectado de las hojas se desarrollan los síntomas típicos de le enfermedad, produciéndose sobre ella a los 8 a 11 días la formación de nuevos sinemas a una temperatura diurna de 21.5°C y una nocturna de 18°C con 90% de humedad relativa y luminosidad de 760 lux.

5. Síntoma de cancro y formación de sinemas sobre los frutos.

6. Infecciones severas causan defoliación en la planta afectando severamente la cantidad y calidad de los granos de café.

7. Sobre los tejidos infectados y caídos a la base de la copa de la planta y cuando existe humedad proporcionado por las lluvias se forman basidiocarpos iniciándose con la infección de estas estructuras nuevos ciclos de infección.

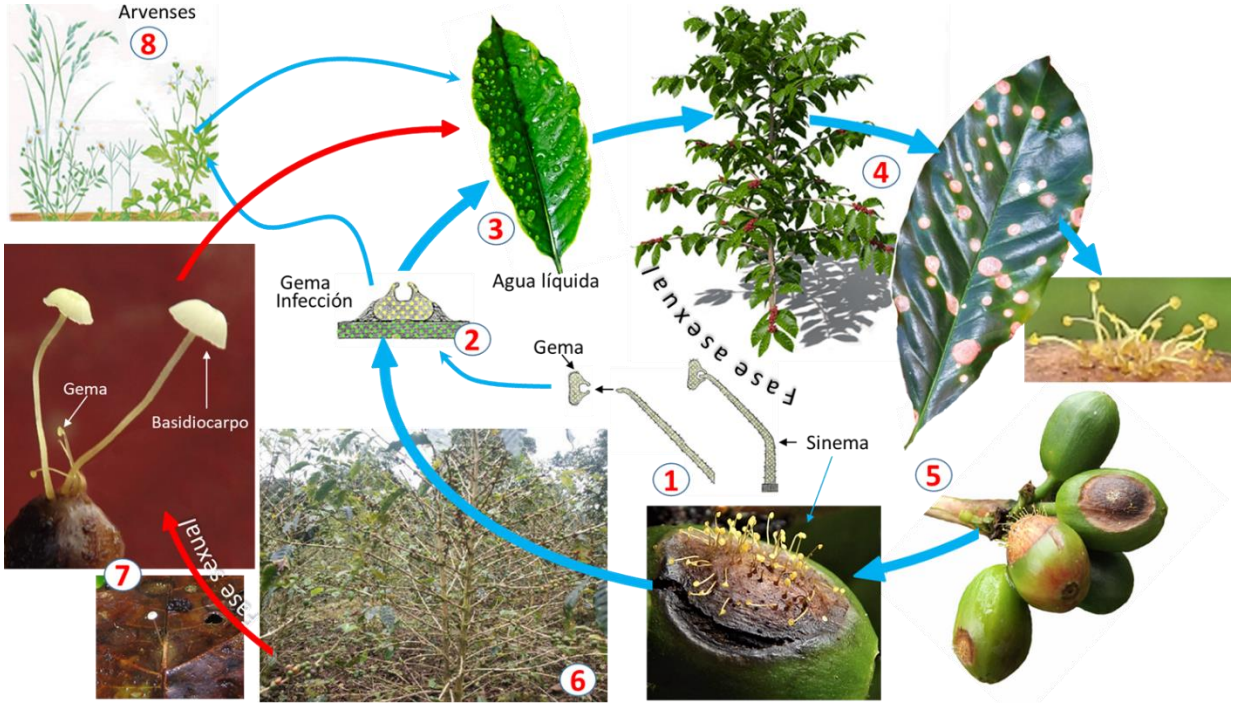


Figura 218. Ciclo patogénico de *Mycena citricolor* (fase sexual) y *Decapitatus flavidum* (fase asexual), agentes casuales de la enfermedad ojo de gallo en café

Familia: Physalacriaceae

Agrupa a 11 géneros y 169 especies. El género más representativo es *Strobilurus tanacelli* que fructifica sobre piñas enterradas de diversos tipos de pinos; su importancia radica porque produce un metabolito denominado ácido β-metoxiacrílico que poseen distintas actividades biológicas, como antifúngicas, antivirales y antitumorales.

Los fungicidas derivados del ácido β-metoxiacrílico, son denominados “estrobilurinas”. Actualmente las estrobilurinas son una clase importante de fungicidas sistémicos y de contacto de amplio espectro de acción. según la FRAC pertenece al grupo químico de QIo (Inhibidores externos de la quinona), con código C3; como modo de acción ejerce

inhibición en la respiración mitocondrial y la formación de ATP; (Figura 219).

CÓDIGO Y PUNTO DE ACCIÓN	NOMBRE GRUPO	GRUPO QUÍMICO	NOMBRE COMÚN	Código FRAC
C3: complejo III: citocromo bc1 (ubiquinol oxidasa) en el sitio Qo *(gen cit b)*	fungicidas **QoI** (Inhibidores externos de la **Q**uinona)	metoxi-acrilatos	azoxistrobin	11
		metoxi-carbamatos	piraclostrobin	
		oximino-acetatos	kresoxim-metil trifloxistrobin	
		oxazolidina-dionas	famoxadona	
		dihidro-dioxazinas	fluoxastrobin	
		imidazolinonas	fenamidona	

Figura 219. *Strobilurus tanacelli* crece naturalmente sobre las piñas de pinos. Este hongo produce varios metabolitos que hoy forman parte de los fungicidas Inibidores Externos de la Quinona (QoI). Tomado y modificado de FRAC, 2020.

Familia: Lepiotaceae

En esta familia destaca *Leucocoprinus gongylophorus* (=*Pholiota gongylophora*) especie cultivado por las hormigas cortadoras de hojas como *Atta* sp., estas hormigas en sus nidos mastican los fragmentos de hojas colectadas hasta lograr una masa sobre los que aplican unas gotitas fecales, que luego son depositadas en la parte superior del jardín de cultivo del micelial de *L. gongylophorus*. El fluido fecal aplicado contiene una gran variedad de enzimas hidrolíticas (proteasas, pectinasas, enzimas degradadoras de carbohidratos) capaces de degradar todo el tejido vegetal. Los carbohidratos liberados sirven como una fuente principal de nutrientes para el crecimiento micelial y la formación de un cuerpo fructífero llamada "gongylidia" que constituye la fuente de alimento de las hormigas (Figura 220). Se cree que esta simbiosis mutualista se originó en la cuenca de la selva amazónica hace unos 50 –65 millones de años.

Figura 220. Cultivo de *Leucocoprinus gongylophorus* por *Atta cephalotes* en sus nidos para su alimentación. Fuente: http://www.flickriver.com/photos/140413390@N06/

12.1.2 Orden: Boletales

Tienen basidiocarpos carnosos, con el pedicelo generalmente central y el himenio se forma dentro de poros que se encuentran en la superficie inferior del píleo.

Familia: Boletaceae

Incluyen a más 300 especies de *Boletus* sp. Forman ectomicorrizas con las raíces de los árboles del bosque. *Boletus edulis*, es conocido como el rey las setas, por ser un hongo comestible de alto valor nutricional y por su tamaño colosal que en ocasiones puede alcanzar (Figura 221). Otros géneros son xilófagos que causan la pudrición de la madera.

Figura 221. *Boletus edulis* conocido como el rey de las setas, por su alto valor nutricional y su gran tamaño, el píleo puede medir hasta 35-40 cm de diámetro. Tomado de: https://www.youtube.com/watch?v=aWP2Z141Rks

12.1.3 Orden: Atheliales

Agrupa a ectomicorrizas, que se encuentra principalmente en coníferas y árboles de madera dura. Agrupa a una sola familia Atheliaceae.

Familia: Atheliaceae

Agrupa a 22 géneros y aproximadamente 106 especies; entre los que destaca los géneros *Athelia*, *Piloderma* y *Tylospora*. *Athelia rolfsii*, es la especie de mayor importancia de esta familia; su estado asexual es *Sclerotium rolfsii* y es en este estado su importancia en la fitopatología por causar pudriciones radiculares y tallos en muchos cultivos (Figura 222). La fase sexual (*Athelia rolfsii*) es raro encontrarlos en la naturaleza.

Figura 222. Pudrición de raíces y talos de cocona, frijol y tomate causados por *Sclerotium rolfsii* fase asexual de *Athelia rolfsii.*

Nombre de la enfermedad: "Pudrición del cuello" en frijol, tomate, cocona, papa, maní,

Esta enfermedad es importante en su fase asexual.

Agente causal: *Athelia rolfsii* (Curzi) C. C. Tu & Kimbr.

Su fase asexual se encuentra en *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) West.

Tejidos que infecta: Tallo a nivel de cuello de planta

Síntomas:

Los síntomas directos de la enfermedad se observan pequeñas manchas acuosas que se desarrollan rápidamente en el tallo a la altura del cuello de la plantan; en 3 a 4 días en el tejido infectado se observa abundante micelio algodonoso sobre el cual se van formando pequeñas motas de color blanco, de forma circular u ovoide que adquieren finalmente un color marrón oscuro. En la parte aérea se observa clorosis y marchitez. En la Figura 223 y 224, se muestra el micelio algodonoso y esclerotes de *Sclerotium rolfsii* en frijol y cocona respectivamente.

Los esclerotes son las únicas estructuras de propagación y al mismo tiempo constituyen estructuras conservativas que permiten a *S. rolfsii* sobrevivir en el suelo por más de dos años en ausencia de su rango de hospedantes.

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Atheliales

Familia: Atheliaceae

Género: *Athelia rolfsii*

Fase asexual: *Sclerotium rolfsii*

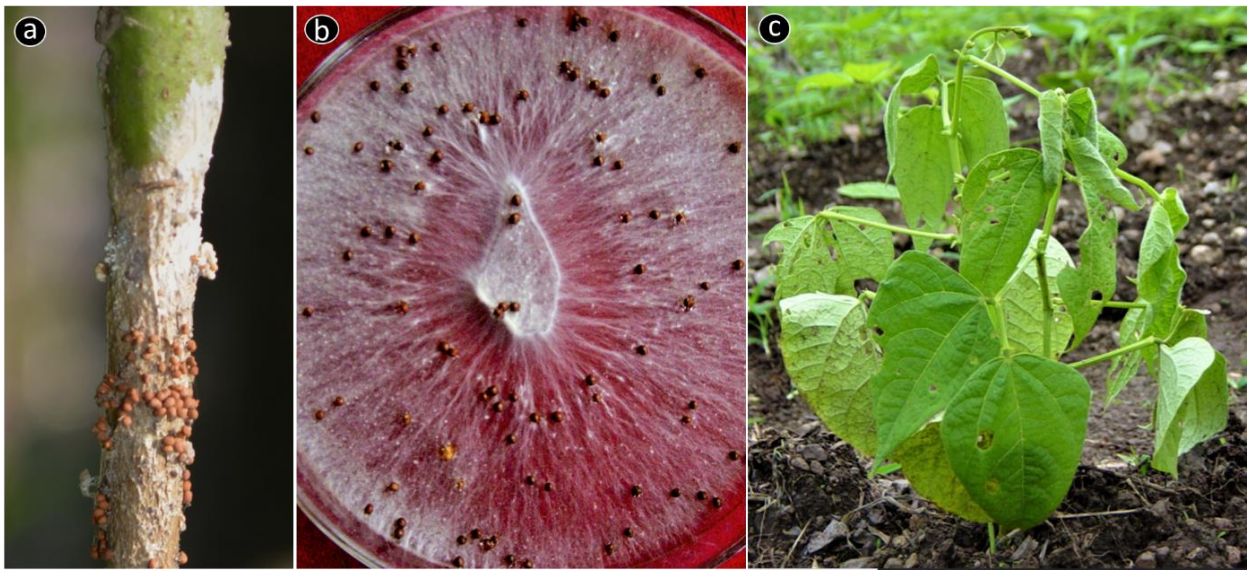


Figura 223. Micelio algodonoso y formación de *Sclerotium rolfsii* (a y b). Síntomas de marchitez (c) en frijol.

Figura 224. Micelio, esclerotes y síntomas de marchitez en cocona causado por *Sclerotium rolfsii*

Ciclo patogénico

En la Figura 225, se grafica el ciclo patogénico de *Sclerotium rolfsii* en cocona, en la ocurren los siguientes eventos:

1. A partir de los síntomas en el tallo se produce abundante micelio algodonoso.
2. Sobre el micelio se forman los esclerotes que son estructuras conservativas.
3. Los esclerotes formados caen al suelo y allí pueden estar en estado de latencia por más de dos años.
4. Las plantas infectadas muestran síntomas secundarios de clorosis y marchitez.

5. Los esclerotes son la principal forma de diseminación de la enfermedad y son traslados por el movimiento de suelo.

6. Al realizar el trasplante, si el esclerote se encuentra en el suelo circundante al cuello de planta es estimulado a la germinación por los exudados de la planta de cocona y se inicia el proceso de infección del tallo.

7. La formación de basidias (fase sexual) directamente sobre el micelio es la forma de diseminación menos frecuente de la enfermedad.

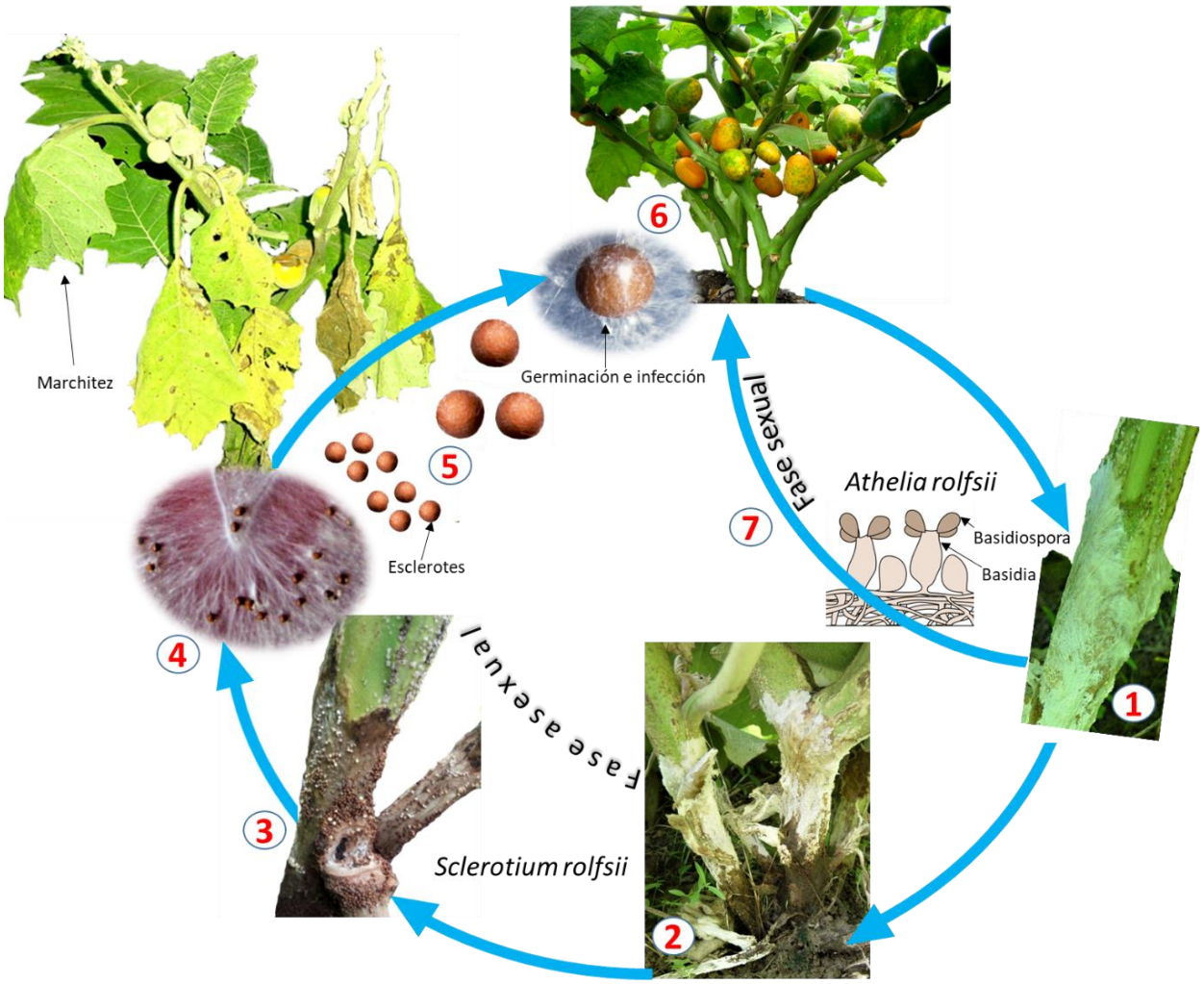


Figura 225. Ciclo patogénico de *Sclerotium rolfsii*, estado asexual de *Athelia rolfsii* en el cultivo de cocona.

Nombre de la enfermedad: “Pudrición blanca” en cebolla y ajos.

Agente causal: *Athelia rolfsii* o *Ceratobasidium* sp.

Su fase asexual en encuentra en *Sclerotium cepivorum* Berk.

Tejidos que infecta: raíces, bulbo y tallos.

Síntomas:

División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Atheliales
Familia: Atheliaceae
Género: *Athelia* o *Ceratobasidium*
Fase asexual: *Sclerotium cepivorum*

El daño directo de la enfermedad es la pudrición suave y acuosa del bulbo, en la base de las hojas se produce abundante micelio blanco, sobre el cual se forma diminutos esclerotes esféricos de color negro (Figura 226). En la parte área se observa amarillamiento de plantas y la caída de las hojas. Su diseminación depende del agua de riego pesado y de plántulas que se mueven de un lugar a otro. La reproducción sexual es inusual y nada importante en la epidemia de la enfermedad.

Figura 226. Síntomas de pudrición de raíces, bulbo y tallo en cebolla y ajos causado por *Sclerotium cepivorum*. Tomado de: https://www.agric.wa.gov.au/plant-biosecurity/biosecurity-alert-white-rot-garlic?page=0%2C0

12.1.4 Orden: Auriculariales

Sus basidiocarpos tienen una textura jebe gelatinosa en forma de una oreja, con pedicelo muy corto. En su interior forma basidias septadas transversalmente y en cada célula forma un esterigma (4 esterigmas) largos sobre los que se produce una basidiospora.

Familia: Auriculariacea

La especie más representativa de esta familia es *Auricularia auriculata* conocido en el Alto Huallaga como “oreja de palo” (Figura 227), es el más abundante y es consumido regularmente. Son hongos xilófagos destructores de madera en ambientes tropicales.

Figura 227. Especies de *Auricularia* sp. conocido localmente como “oreja de palo”.

12.1.5 Orden: Corticiales

Incluye una sola familia (Corticiaceae) con aproximadamente 136 especies agrupados en 29 géneros.

Familia: Corticiaceae

El nombre de la familia deriva del término “corteza” o “costra”, significa que el basidioma o basidiocarpo es delgado resupinado (expone el himenio), sin pedicelo, por lo general son de color rojizo.

Nombre de la enfermedad: "mal rosado" en café, cacao, cítricos, mango. te, jebe entre otros.

Agente causal: *Erythricium salmonicolor* (Berk. & Br.) Burdsall. (=*Corticium Salmonicolor* Berk y Br.).
Su fase asexual se encuentra en *Necator Decretus.* En este caso en el estado sexual causa el principal daño, la fase asexual no tiene importancia epidémica.

Tejidos que infecta: Tallos, ramas, hojas y frutos.

Clasificación
División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Corticiales
Familia: Corticiaceae
Genero: *Erythricium salmonicolor*
Fase asexual: *Necator decretus*

Síntomas:

Las plantas con esta enfermedad presentan en las ramas terminales un follaje amarillento y marchito que resaltan a la distancia; estos síntomas se visualizan cuando *E. salmonicolor* ha colonizado el tejido cortical o el cambium de una rama ocasionando su necrosamiento.

En las ramas infectadas (Figura 228), en la parte opuesta que da a luz del sol se produce una capa en forma de costra de color rosado donde se forman las basidias y basidiosporas que constituyen las unidades infectivas de esta enfermedad.

Figura 228.Sintoma de secamiento de ramas y ramillas de cacao y café por la infección de *Erythricium salmonicolor,* agente causal de la enfermedad del mal rosado.

E. salmonicolor independientemente al hospedante, su proceso de infección ocurre en tres estados: (i) en micelio en forma de rhizomorfo crece sobre la corteza de la rama, (ii) seguidamente se observa la formación de agregados miceliales en forma de pequeñas motas de algodón de color blanco inicial y (iii) finalmente se forman sobre ellas las basidias que producen abundante cantidad de basidiosporas que dan una coloración rosado salmón que es la principal característica de esta enfermedad. En las Figuras 229,230 y 231 se muestra los síntomas y signos del mal rosado en cacao, cítricos y café.

Figura 229. Rizomorfos, micelio y estado de esporulación (formación de basidias y basidiosporas) de *Erytrhicium salmonicolor* en ramas de cacao.

Figura 230. Síntomas, micelio y estado de esporulación (formación de basidias y basidiosporas) de *Erythicium salmonicolor* en ramas de cítricos.

Figura 231. Síntomas, micelio y estado de esporulación (formación de basidias y basidiosporas) de *Erythicium salmonicolor* en ramas de Café.

Ciclo Patogénico:

En la Figura 232, se muestra el grafico del ciclo patogénico *Erythicium salmonicolor* en cacao.

1. El estado avanzado de la enfermedad se caracteriza por el abundante crecimiento micelial y formación de basidias y basidiosporas que le dan la coloración rosada característica de la enfermedad. Se ha establecido que existe hasta 150 mil basidiosporas por cm^2 de corteza y una viabilidad del 90%.

2. Las basidiosporas son diseminadas por el viento hacia nuevas ramas de la misma planta o hacia otras, al germinar invaden las células corticales.

3. Sobre la corteza se produce un crecimiento micelial abundante de color blanco, siendo esta etapa no esporulativa.

4. Otra parte del micelio invade el tejido cortical y xilema causando su necrosamiento, ocasionando en las ramas afectadas clorosis, marchitez y muerte de ramas y ramillas. Las zonas de infección presentan cancros.

5. En este estado, en la parte opuesta de las ramas orientadas hacia el suelo se observa abundante esporulación de color rosado, se estima que desde la infección hasta la esporulación puede durar entre 30 a 45 días; sin embargo, este tiempo es dependiente de las condiciones climáticas. Plantaciones con alto sombreamiento, estrés nutricional y periodos lluviosos son condiciones favorables para la enfermedad.

6. No forma estructuras de sobreviencia, pero el micelio sobrevive como saprofito en la corteza de las ramas infectadas. La fase asexual como *Necator decretus* es raramente formado y no es importante en el desarrollo epidémico de esta enfermedad.

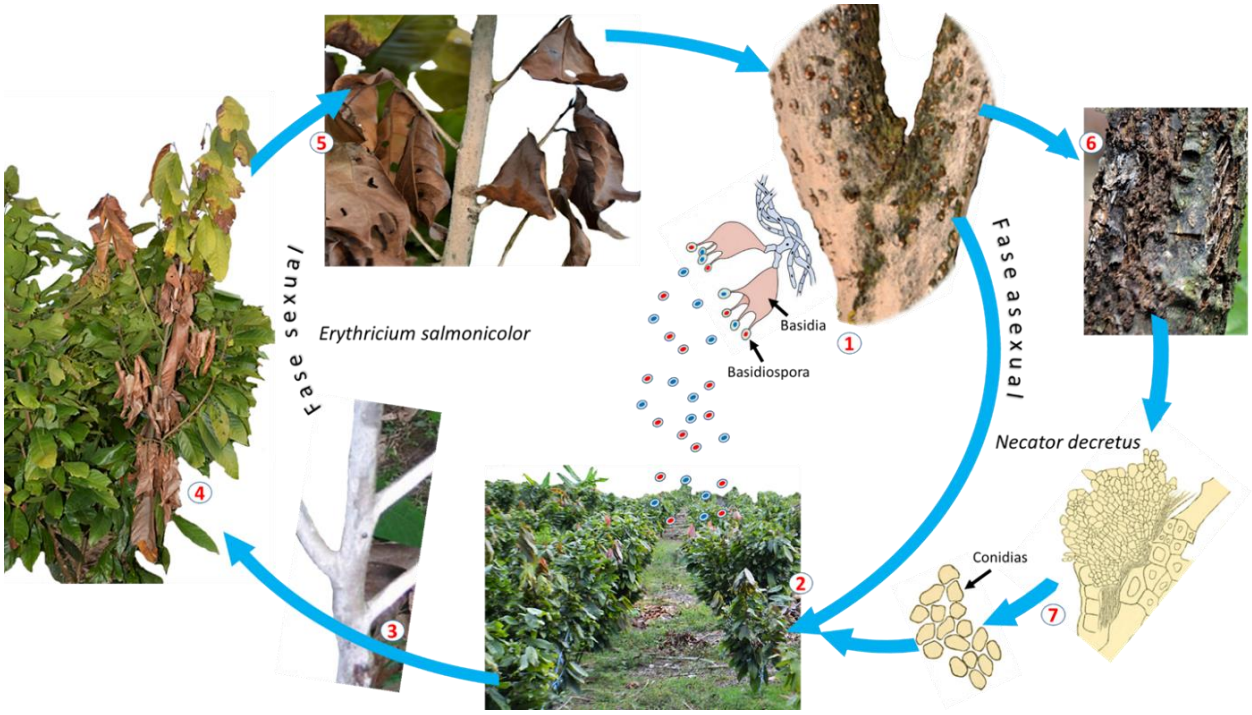


Figura 232. Ciclo patogénico de *Erythicium salmonicolor* agente causal del mal rosado en cacao

12.1.6 Orden: Polyporales

Las especies pertenecientes a este orden causan podrición de árboles en pie y troncos caídos. Su actividad como descomponedores de madera es vital para las sucesiones de los ecosistemas forestales. Muchas especies son saprofitos y crecen exclusivamente sobre madera muerta en pie, troncos y escombros leñosos. Agrupa a más 1800 especies de los que destaca Ganoderma y Fomes por su alto grado de patogenicidad en especies forestales. Agrupa las Familias Polyporaceae y Ganodermataceae entre otras. Estos hongos hacían parte del orden “Aphyllophorales”.

La mayoría de estos hongos poseen complejos enzimáticos que incluyen lignina peroxidasa (LiP), manganeso peroxidasa (MnP) y lacasas que les permiten degradar compuestos químicos recalcitrantes como la lignina y los polifenoles de plantas.

Familia: Polyporaceae

Son los denominados hongos de repiza, por la forma como se insertan sus basidiocarpos en el sustrato donde se forman. Los basidiocarpos son de consistencia coriácea y el

himenio es compacto y se observan abundantes poros, el borde del basidiocarpo siempre es delgado, de color variado que va con matices de marrón, rojizo o crema pueden o no tener pedicelos (Figura 233). Las basidiosporas son hialinas de forma cilíndrica. Desde el punto de vista fitopatológico son hongos xilófagos (lignícolas). Producen pudrición de troncos de árboles vivos y muertos. Son destructores de madera.

Figura 233. Forma y apariencia de especies de *Polyporus* sp. son hongos xilófagos destructores de madera; abundantes en la selva peruana..

Existe una alta diversidad de especies de Polyporus.

Polyporus adustrus	*Polyporus gilvus*	*Polyporus hirsutus*
Polyporus pargamenus	*Polyporus picipes*	*Polyporus versicolor*

Familia: Ganodermataceae

El cuerpo fructífero de esta familia se caracteriza por ser de consistencia leñosa con pedicelo o sésil, coloración marrón café. La superficie del himenóforo es porosa. Las basidiosporas son de color café, forma ovoide a elipsoide.

El género más representativo de esta familia es *Ganoderma* que registra más de 250 especies descritas, algunas especies causan pudrición blanca en madera viva o muerta otros tienen usos nutricionales y medicinales (Figura 234). Son cosmopolitas especialmente en ambientes tropicales.

Ganoderma applanatum “Hongo xilófago o lignícola”.

Ganoderma lucidum conocido como “reishi” se emplea como medicamento natural en la medicina tradicional china, los polisacáridos purificados de la pared celular tienen una amplia gama de actividades farmacológicas.

Figura 234. *Ganoderma* fitoparásito (*G. applanatum*), causando pudrición de madera en pie (a, b y c). *Ganoderma* de uso alimenticio (*G. lucidum*) se prepara café y chocolate de este hongo (d y e), fotos tomados de: DNX internacional®.

12.1.7 Orden: Cantarellales

El orden posee cerca de 554 especies agrupados en 7 familias, de los que destaca los Cantherelleceae y Ceratobasidiaceae. Muchos de los géneros de este orden son importantes en la gastronomia debido a su sabor, éste es el caso de Cantharellus. Posee una amplia variación morfológica. Son ectomicorríticos o saprófitos y se encuentran en suelo o sobre madera.

Familia: Ceratobasidiaceae

Agrupa a 8 géneros y aproximadamente 23 especies. Poseen basidiocarpos que son delgadas y derramados. Algunos producen las basidias directamente del micelio. Los géneros representativos que causan enfermedades son *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk y *Corticium koleroga* Cooke. (Syn. *Pellicularia koleroga* Cooke).

Nombre de la enfermedad: “Mustia hilachosa” - Frijol

Agente Causal: *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk.

Su fase asexual se encuentra en *Rhizoctonia solani* Kuhn.

Clasificación
División Basidiomycota
Clase Agaricomycetes
Orden: Cantharellales
Familia: Ceratobasidiaceae
Género: *Thanatephorus cucumeris*
Fase asexual: *Rhizoctonia solani*

Tejidos que infecta: hojas, ramas y vainas.

Síntomas:

Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen sobre las hojas ubicadas en las partes bajas de las plantas y progresan hacia arriba infectando hojas, tallos, pedúnculos, flores y vainas. Las hojas infectadas se unen unas con otras por un enmarañado de micelios que se desarrollan en el envés de las hojas. Esta enfermedad se presenta por lo general en las épocas de mayor precipitación y menor temperatura. En las hojas produce manchas necróticas pequeñas, circulares, de colores marrones rojizos; en el envés sobre el micelio se forman directamente las basidiosporas que son diseminados por el viento hacia otras plantas. En la Figura 235, se presenta los síntomas típicos de esta enfermedad.

Figura 235. Síntomas de la “Mustia hilachosa” causado por *Thanatephorus cucumeris* en frijol.

Si no se adoptan medidas de control al inicio de la enfermedad, esta puede causar el secamiento de toda la planta en muy corto tiempo.

Nombre de la enfermedad: “Mancha aureolada”- cítricos

Agente Causal: *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk.

Su fase asexual se encuentra en *Rhizoctonia solani* Kuhn.

Tejidos que infecta: solo se ha observado síntomas den hojas.

Clasificación
División Basidiomycota
Clase Agaricomycetes
Orden: Cantharellales
Familia: Ceratobasidiaceae
Género: *Thanatephorus cucumeris*
Fase asexual: *Rhizoctonia solani*

Síntomas:

Los síntomas de la enfermedad solo se presentan en hojas tiernas de los brotes, iniciándose con pequeñas manchas necróticas de color marrón claro de 1 mm de diámetro, que luego se vuelve de color blanco pajizo y alrededor de ella se desarrolla otras mancha de color marrón claro que crecen en anillos concéntricos en la mayoría de los casos en forma de abanico, cuyas dimensiones son variables de 1 x 2 a 1.6 a 3 cm, dependiendo de del tipo de cultivar y condiciones de clima (Figura 236).

Alrededor de cada una de las manchas se forma un halo clorótico y en muchos casos las manchas coalescen entre ellas formando grandes áreas necróticas que originan la caída prematura de las hojas. En la Figura 236 A, se muestra secuencialmente la forma de desarrollo de la mancha (1 al 6) y en B-C se muestra el síntoma totalmente desarrollado. En el Perú fue reportado a partir del año 2008 y afecta a todos los cultivares (Figura 237).

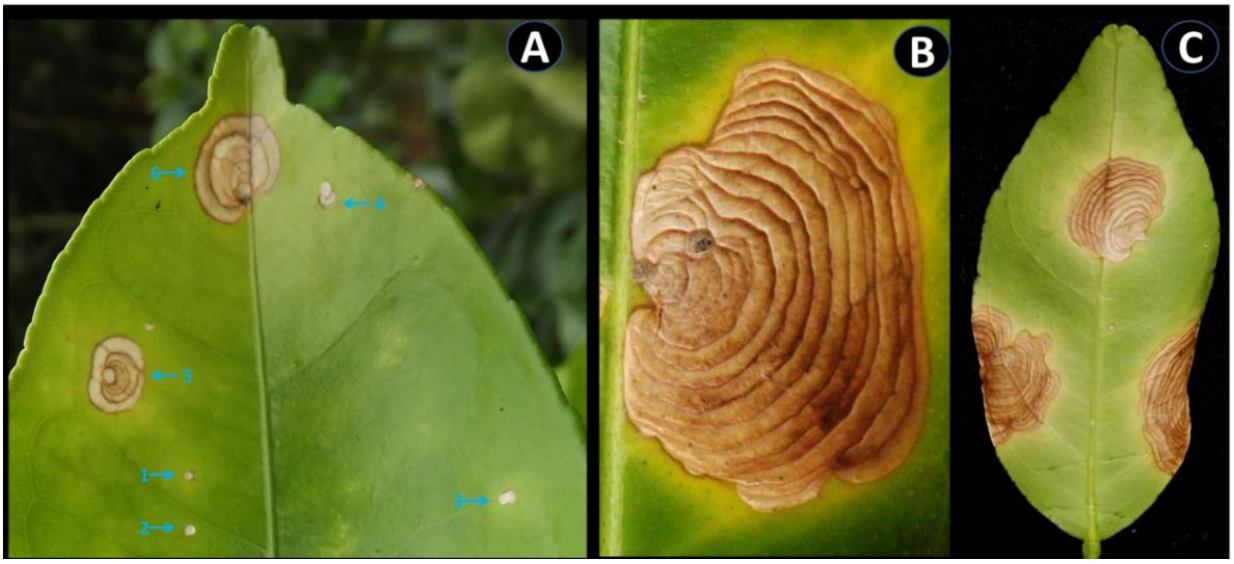


Figura 236. Síntomas típicos de la mancha aureolada en hojas de cítricos causada por *Thanatephorus cucumeris*.

Figura 237. Síntoma de “mancha aureolada” causado por *T. cucumeris* en diferentes cultivares de cítricos.

Ciclo patogénico:

En la Figura 238, se describe el ciclo patogénico de *Thanatephorus cucumeris* en cítricos.

En los meses de mayor precipitación son las condiciones ambientales favorables para el ataque de esta enfermedad. Sobre los tejidos necrosados se forman las basidias y basidiosporas que son diseminados por la lluvia y el viento hacia otras ramas con brotes tiernos. Ataques intensos causan defoliamiento de los brotes afectando la floración y desarrollo de los frutos. No se ha observado infección de hojas maduras.

La literatura describe que este hongo tiene la capacidad de sobrevivencia sobre restos de tejido necrosado en su fase asexual *Rhizoctonia solani*, formando pequeños esclerotes que pueden ser diseminados por el viento y las lluvias. Esta forma de diseminación no se ha descrito para la mancha aureolada. Se asume que la forma más importante de diseminación de esta enfermedad es en su fase sexual como *Thanatephorus cucumeris*

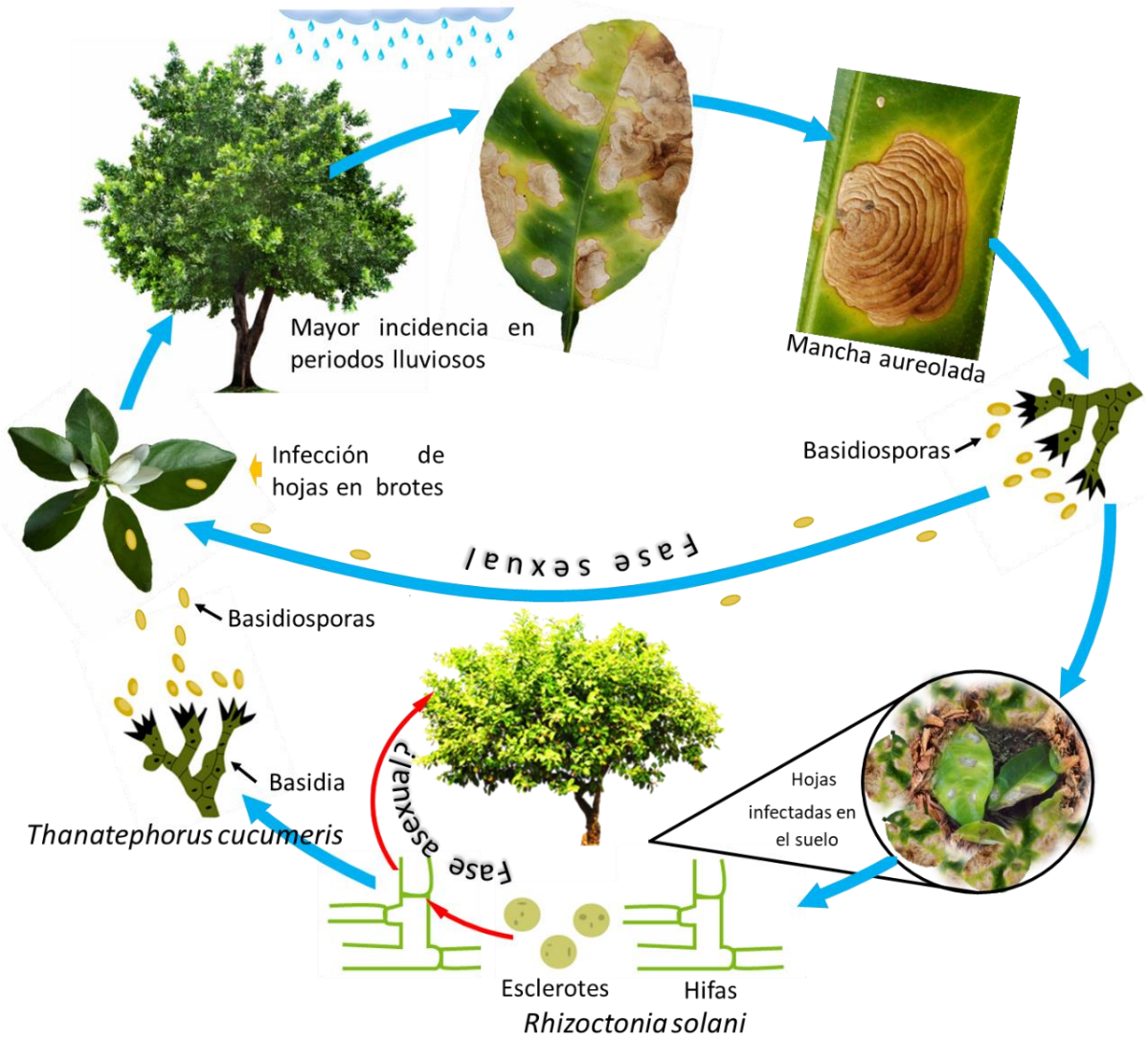


Figura 238. Ciclo patogénico de la mancha aureolada causado por *Thanatephorus cucumeris* en cítricos.

Enfermedad: "arañero del cafeto"

Agente causal: *Corticium koleroga* (Cooke) Höhn. (Syn. *Pellicularia koleroga* Cooke..).

Su fase asexual se encuentra en *Rhizoctonia solani* Kuhn. Epidemiológicamente es importante en su fase sexual como *Corticium koleroga*.

Su ubicación taxonómica es diversa en la literatura algunos autores lo citan dentro de la clase Corticiales, Tulesnellales, Polyporales o Thelephorales.

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Cantharellales

Familia: Ceratobasidiaceae

Género: *Corticium koleroga*

Fase asexual: *Rhizoctonia solani*

Tejidos que infecta:

hojas, brotes, ramas, flores y frutos de muchos cultivos como: café, cacao, cítricos, mango, carambola, té, mangostino entre otros.

Síntomas:

Esta enfermedad se presenta atacando ramas, hojas y frutos. En la base del envés de las hojas se observa la formación de una película blanquecina y transparente con la apariencia de la tela de araña (de ahí el nombre de la enfermedad) que crece desde la base de la hoja hacia la punta hasta quedar totalmente cubierta por una fina capa de apariencia pulverulenta de color blanco plomizo y en el haz generalmente se observa áreas irregulares de tejido necrosado (Figura 239). Las hojas afectadas se secan y se desprenden de sus ramas, pero permanecen colgadas de ellas por medio de “hilos” de color marrón que corresponde a sus rizomorfos.

La germinación de los rizomorfos corresponde a la etapa de brotamiento de café y la formación de cerezos en los entrenudos. Los cerezos son también cubiertos por la fina capa de micelio de especto pulverulento que causa su necrosamiento y momificación.

Figura 239. Síntomas y signos de *Corticium koleroga* causante del arañero en café.

En la Figura 240 y 241, se presenta los síntomas y signos de esta enfermedad en cítricos y cacao, es muy común observarlos en diferentes cultivos como carambola, mango, palta, té, canela, mangostino entre otros. No hay reportes de otras especies de *Corticium*, por lo que se asume que es la misma especie afectando todos estos cultivos.

Figura 240. Síntomas y signos de *Corticium koleroga* causante del arañero en cítricos

Figura 241. Síntomas y signos de *Corticium koleroga* causante del arañero en cacao

Las condiciones favorables para el desarrollo de esta enfermedad es la humedad y la presencia de luz difusa tanto en la parte externa e interna de la planta, por lo que, su principal medida de control es la poda de la sombra y las podas de formación y fitosanitarias que debe realizarse en cada cultivo para cada ciclo productivo, esta práctica permite regular el microclima dentro de las plantas.

Ciclo patogénico:

Corticium koleroga sobrevive en ramas y hojas en forma de rizomorfos (estructura conservativa) durante los períodos de menor precipitación. En la etapa de brotamiento e inicios de lluvias los rizomorfos germinan produciendo micelio blanquecino que crece en dirección a los brotes. En el envés de las hojas infectadas se forman abundante micelio que invade todo el limbo; por medio de los haustorios penetran las células de la epidermis. Sobre el micelio se forman las basidias y basidiosporas que dan una apariencia pulverulenta de color blanco plateado. Las basidiosporas se diseminan tanto por el viento como por el salpique de la lluvia de planta a planta constituyendo una diseminación horizontal; mientras que la diseminación vertical se da dentro de la misma planta por en crecimiento y germinación de los rizomorfos.

Las condiciones favorables que requiere esta enfermedad es una alta humedad relativa superior al 90% y temperaturas entre 25° y 30°C. Todas las zonas de selva brindas es condiciones favorables; sin embargo, su alta incidencia solo se presenta en plantaciones alto sombreamiento, plantas de porte bajo, altas densidades de siembra y deficiente manejo agronómico en podas.

Esta enfermedad sobrevive de una campaña a otra a través de los rizomorfos que se adhieren al tallo y ramas. Desde el punto de vista de incremento de la enfermedad la fase asexual no tiene ninguna importancia. Este ciclo se describe gráficamente en el Figura 242.

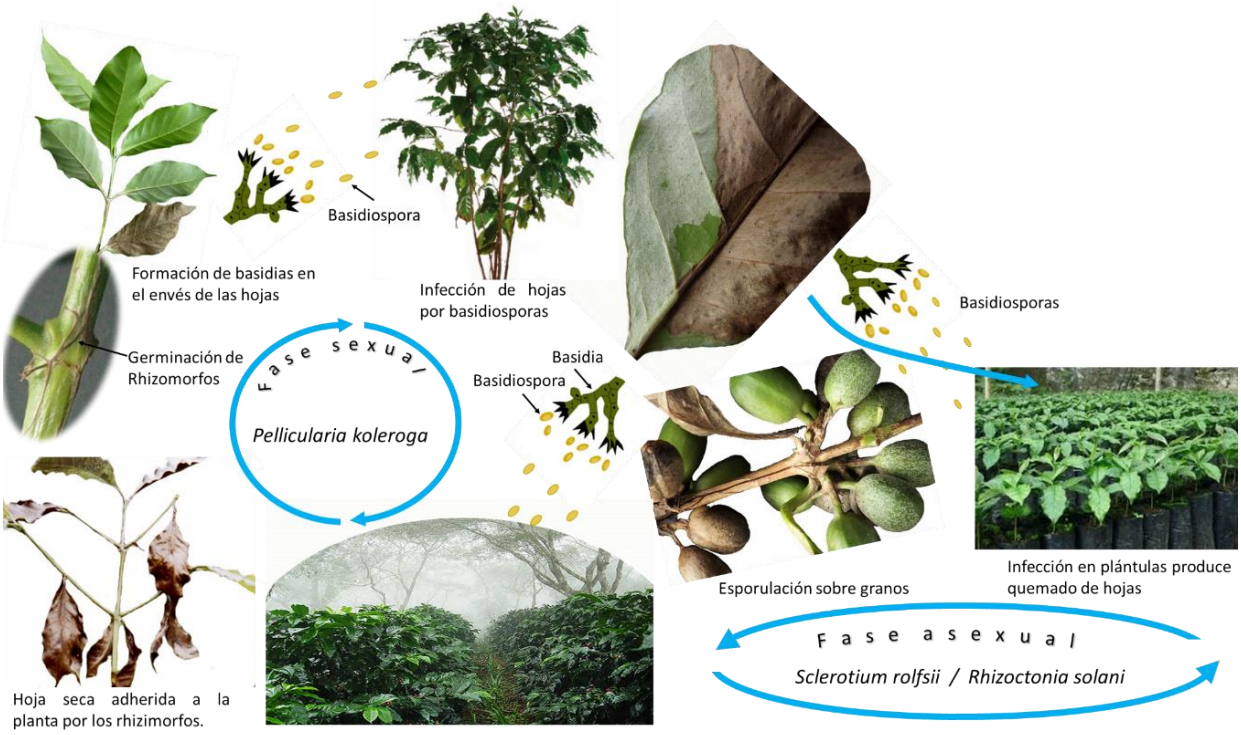


Figura 242. Ciclo patológico del arañero del cafeto causado por *Corticium koleroga*

Nombre de la enfermedad: “Chupadera fungosa” en varios cultivos.

Agente causal: *Pellicularia* sp.

Su fase asexual se encuentra en *Rhizoctonia solani* Kuhn. y es en esta fase que ejerce su mayor daño.

Clasificación
División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Cantharellales
Familia: Ceratobasidiaceae
Género: *Pellicularia* sp.
Fase asexual: *Rhizoctonia solani*

Tejidos que infecta: semillas y cuello de plántulas en vivero

Síntomas:

Se denomina “chupadera” porque su daño se observa como un estrangulamiento en el cuello de las plántulas a nivel de germinador o vivero (Figura 243), este síntoma se atribuye a varios generos que incluyen a *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, por ello es importante realizar un buen proceso de diagnóstico. Las “chupaderas” en café predomina el ataque de Rhizoctonia y Fusarium.

Rhizoctonia, además, de causar chupadera puede causar cancros en diferentes partes del tallo. Su alta incidencia es favorecida por el mal drenaje, baja fertilidad y sombra excesiva.

Figura 243. Síntomas causados por chupadera fungosa en plántulas de café. Uno de los agentes causales de esta enfermedad es el hongo *Rhizoctonia solani.*

Nombre de la enfermedad: Chupadera y cancro en frijol

Agente causal: *Pellicularia* sp.

Su fase asexual se encuentra en *Rhizoctonia solani* Kuhn. y es en esta fase que ejerce su mayor daño.

Tejidos que infecta:

Semillas, plántulas, raíces y cuello de planta

Síntomas:

Rhizoctonia solani con frecuencia afecta a las semillas durante la germinación (chupadera pre emergente), en las plántulas induce chupadera y posterior muerte.

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Cantharellales

Familia: Ceratobasidiaceae

Género: *Pellicularia* sp.

Fase asexual: *Rhizoctonia solani*

En plantas, en crecimiento causa pudrición de raíces y cancro en el tallo principalmente por encima y debajo del de cuello de planta. Los cancros son ovales, hundidas de color centro pajizo y bordes de color café rojizo (Figura 244). Los cancros se unen a otros y rodean el tallo, lo que limita el movimiento de agua y nutrientes hacia la planta y causa la defoliación prematura, especialmente las horas de mayor brillo solar; en síntomas avanzados causa marchitez y posterior muerte de la planta.

Figura 244. Síntomas causados por chupadera fungosa en plántulas de café. Uno de los agentes causales de esta enfermedad es al hongo *Rhizoctonia*

Nombre de la enfermedad: “Añublo de la planta de arroz”/ “pudrición de la vaina y tallo”

Agente causal: *Pellicularia* sp.

Su fase asexual se encuentra en *Rhizoctonia solani* Kuhn.; *Rhizoctonia oryzae* Ryker & Gooch. o *Rhizoctonia oryzae-sativae* (Sawada) Mordue. es en esta fase que ejerce su mayor daño.

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Cantharellales

Familia: Ceratobasidiaceae

Género: *Pellicularia* sp.

Fase asexual: *Rhizoctonia solani*

Tejidos que infecta:

Tallos y pedúnculo de hojas.

Síntomas:

Los primeros síntomas de esta enfermedad se observan sobre las vainas cercanos a la línea de agua (plantaciones bajo riego) o junto al nivel del suelo (en plantaciones en secano). Estas lesiones son de forma elíptica u ovoide irregular de color gris verdoso y miden de 1 a 3 cm de longitud, el centro de la lesión se torna blanco o grisáceo con un contorno marrón (Figura 245). La presencia de varias manchas grandes en una vaina causa, generalmente, la muerte de la hoja; ataques severos destruyen todo el tallo y causan el tumbado de la panícula. Al borde de las lesiones con frecuencia se forman esclerocios que son las estructuras conservativas y de propagación de esta enfermedad.

Figura 245. Síntomas causados por chupadera fungosa en plántulas de café. Uno de los agentes causales de esta enfermedad es al hongo *Rhizoctonia*

Los basidiomycotas micorrícicos

Muchos géneros de los basidiomycotas y los ascomycotas forman los denominados ectomicorrizas por formar una espesa capa micelial en la corteza de las raíces de muchas plantas formando una estructura denominado red de Hartig. En la Figura 41 se describe visualmente los tipos de micorrizas que existe; se estima que alrededor del 2 a 3% de las plantas vasculares del planeta se asocian a este tipo de micorriza.

Las ectomicorrizas mantienen la interconectado a las plantas de todo el ecosistema forestal, razón por la cual los científicos los han denominado la internet del bosque (Wood Wide Web), esta red compleja y oculta debajo del suelo mantiene la sostenibilidad de la vida en los bosques. La mayoría de los hongos micorrícicos de los basiomycotas corresponde a hongos comestibles (Figura 246).

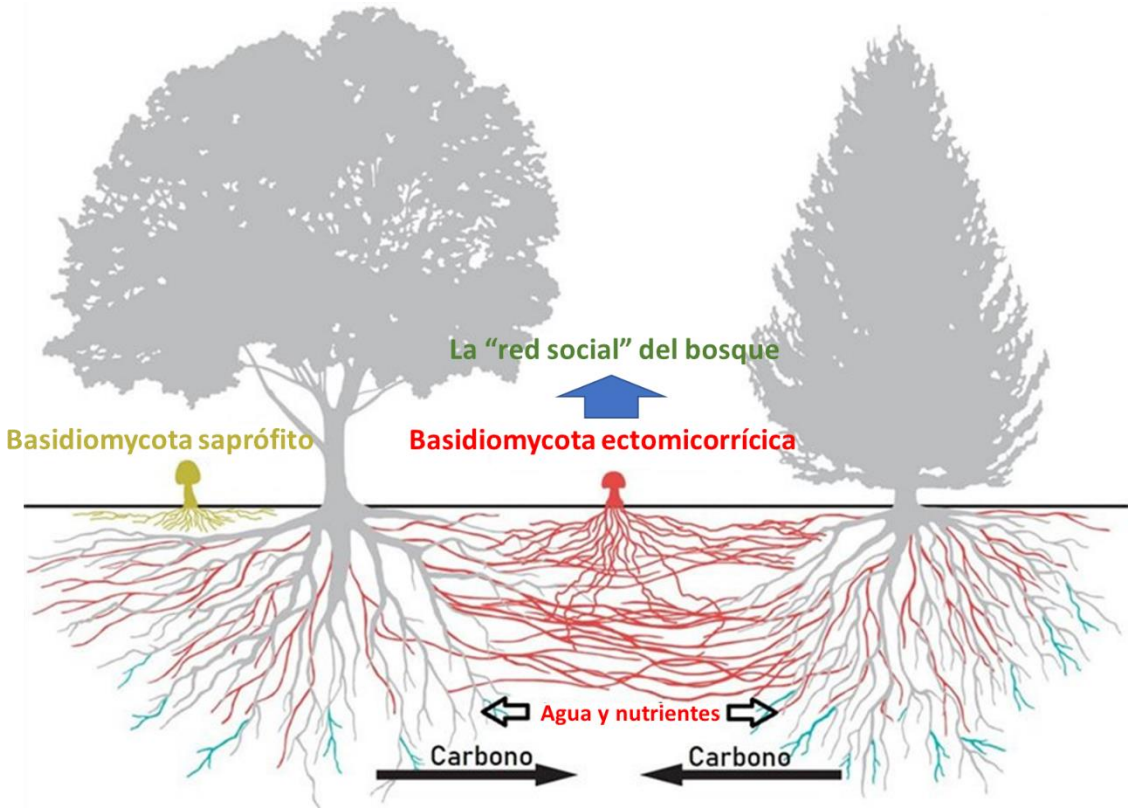


Figura 246. Basidiomycota ectomicorrítica formando la interconexión entre los árboles en el bosque, por esta característica se les ha denominado la internet que mantiene la red social de los bosques. Modificado de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/por-que-setas-son-indispensables-para-conservar-planeta_14912

El rol fundamental de las micorrizas es la absorción de agua y nutrientes de zonas en las que los pelos absorbentes no pueden llegar por lo limitado de su longitud y en merito a esta labor la planta provee de compuestos carbonados que son esenciales para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento del hongo al ser un organismo heterótrofo.

Sub División: Pucciniomycotina

Se menciona que más del 8% (8,400 especies) de todos los hongos descritos pertenecen a esta subdivisión. Las septas de sus hifas son septas simples no poseen septa doliporo. La mayoría se asocia con plantas, predominantemente como fitopatógenos, pero también como miembros asintomáticos del filoplano y simbiontes micorrícicos de las orquídeas.

12.2 Clase: Pucciniomycetes

Los *Pucciniomycetes* son hongos parásitos obligados de hojas y tallos jóvenes de plantas de distribuidos en todo el mundo, pero algunas especies parasitan ramas leñosas, musgos o incluso insectos (orden Septobasidiales). No obstante, existen unas pocas especies que se alimentan exclusivamente de restos vegetales en descomposición. La clase agrupa a 05 órdenes de los cuales fitopatológicamente destaca los Pucciniales por agrupar a los hongos causantes de la enfermedad denominadas “royas”.

12.2.1 Orden: Pucciniales

Causan la enfermedad denominada Roya, las royas son hongos biotróficos obligados, es decir, dependen completamente de su hospedante vivo para completar su ciclo de vida (al igual que los mildius y las oidiosis). Las especies de los Pucciniales causan algunos de las más devastadoras enfermedades de las plantas y por lo tanto han sido estudiados con mayor detalle que otros ordenes de los Pucciniomycotina. Sin embargo, su naturaleza biotrófica obligada los hacen más difíciles para la realización de estudios moleculares. Por lo tanto, las familias han sido predominantemente solo basadas en sus características morfologícas. Se han logrado clasificar al menos 16 familias; de los que destacan las familias: Melampsoraceae (roya del lino), Coleosporaceae (roya del pino), Phragmidiaceae (roya del rosal) y Pucciniaceae (roya en muchos cultivos). En cultivos tropicales solo destaca por su patogenicidad y pérdidas económicas las royas pertenecientes a la familia pucciniaceae.

Familia: Pucciniaceae

Los miembros de esta familia producen la enfermedad llamada roya en varios cultivos de importancia económica, esta es una enfermedad que se caracteriza por formar el síntoma denominado pústula, que consiste en la ruptura de la epidermis a consecuencia de la presión mecánica ejercida por las estructuras propagativas como las aeciosporas, uredosporas y teliosporas. En la Figura 247, se presentan los síntomas y estructuras a nivel microscópico de las de royas en su fase aeccia, uredo y telia (de izquierda a derecha).

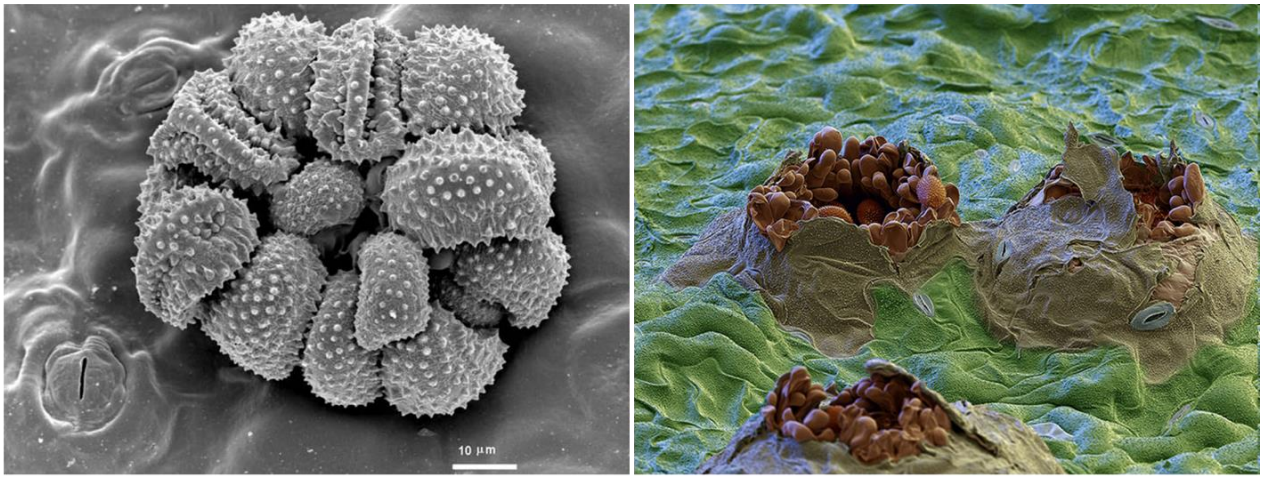
https://www.flickr.com/photos
https://us.vwr.com/

https://www.asturnatura.com/
http://botit.botany.wisc.edu/

https://www.mindenpictures.com
https://www.medicalimages.com/

Figura 247. Síntomas de pústula formado por una roya en su fase: acecia, uredo y telia a nivel macro y microscópico

Existen algunas royas como la “roya amarilla del café” que no producen pústulas debido a que sus uredosporas emergen a través de los estomas (Figura 248).



http://www.padil.gov.au/

https://pesticideguy.org

Figura 248. Emergencia de sus uredosporas de *Hemileia vastarix* de hojas de café sin causar pústulas. A la derecha se observa la emergencia de uredosporas de *Phakopsora* sp. de hojas de soya a través de formación de pústulas

Las royas, en general durante su ciclo de vida pueden pasar por 05 estadios o fases y son los más complejos del reino fungi en su reproducción. En la Figura 249 se presentan gráficamente estas 5 fases.

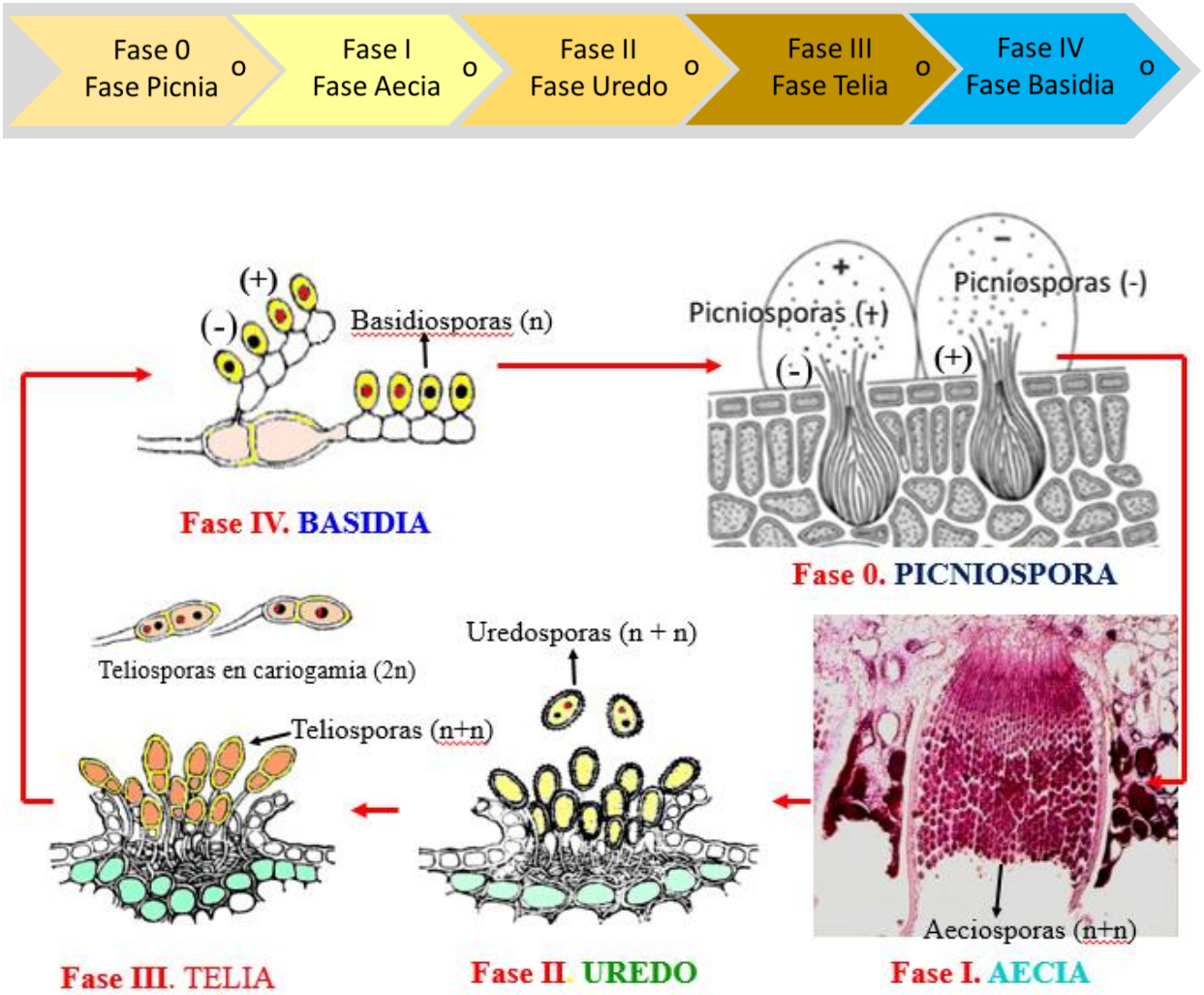


Figura 249. Fases de desarrollo de las royas de nominadas macrocíclicas

FASE 0 o Picnia o Espermogonio: en esta fase se forma un cuerpo fructífero en forma botella denominada comúnmente como **picnia** (Figura 250); esta estructura se forma en el haz de las hojas infectadas. La picnia forma su parte apical un penacho de hifas denominadas **hifas fértiles** de condición monocariótico, éstas actúan como gameto femenino. En la parte interna de la picnia se encuentran las espermacias o picniosporas de condición monocariótico y actúan como gametos masculinos. Ambos gametos fusionan sus protoplastos (plasmogamia) y forman una célula germinativa de condición dicariótica (n+n) que la germinar penetran en las hojas de la misma planta para iniciar la formación de la siguiente fase denominado aecia.

Los gametos formados en una misma picnia no pueden autofecundarse, en consecuencia, una picniospora sólo puede fecundar a la hifa fértil formada en otra picnia. A este tipo de incompatibilidad sexual en ciertos hongos son denominados hongos heterotálicos; contrario a esta condición se denominan hongos homotálicos. Esta condición de heterotalicidad de los basidiomycota es fundamental para la formación de hifas dicarióticas, que es la característica fundamente de este grupo de hongos.

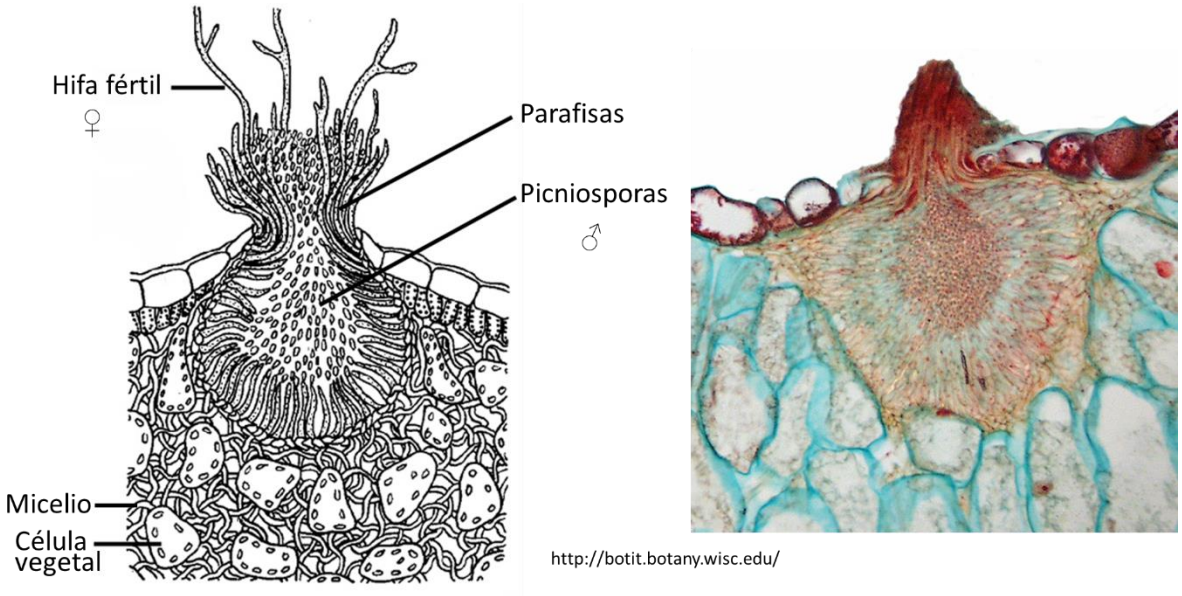
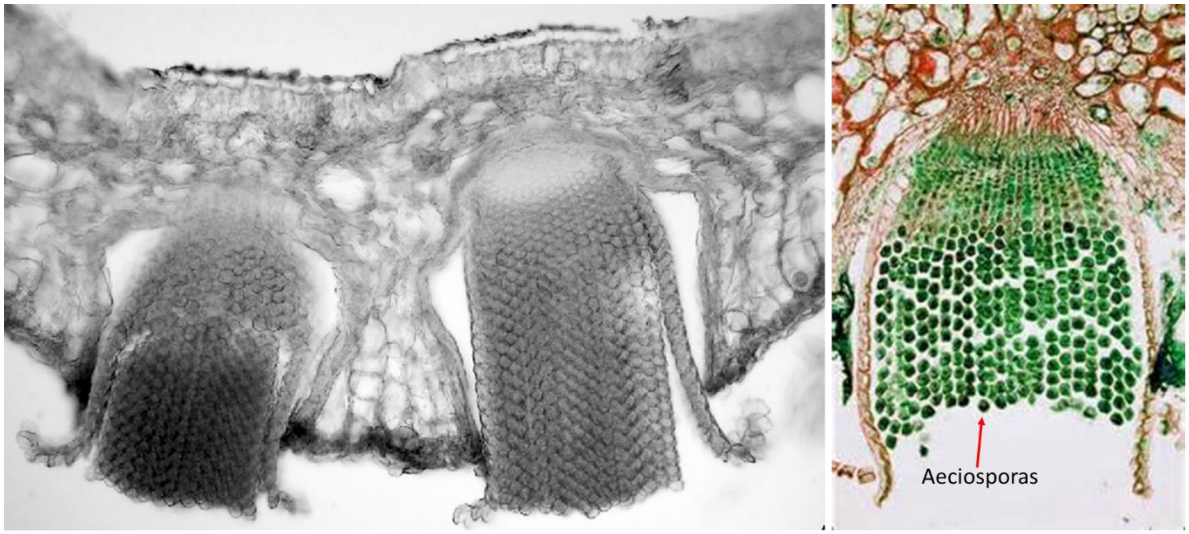


Figura 250. Picnia estructura típica en forma de botella o pera formado por las royas en la fase 0 o Espermagonio.

FASE I o Aecia: al germinar la espora formada en la fase picnia, se forma un cuerpo fructifero denominado **Aecia** que tiene el aspecto de una copa invertida al formarse en el envés de la hoja. En su interior contiene esporas en estado dicariótico (n + n) denominadas Aeciosporas que se producen en cadenas (Figura 251). La aecia emerge del tejido interno de la hoja produciendo una pústula, sus aeciospora por lo general son de color amarillo. Las aeciosporas son diseminados por el viento para infectar a otras plantas relacionadas a su patogénesis.



https://www.semanticscholar.org

https://www.digopaul.com/english-word/aecium.html

Figura 251. Fase Aecia forma una estructura típica en forma de copa en el envés de las hojas, la estructura propagativa que forma son las eciosporas.

FASE II o Uredo: el micelio formado por la germinación de las aeciosporas forma un colchón de hifas de los cuales emergen esterigmas y forman sobre ellos esporas dicarioticas denominadas uredosporas (Figura 252). La gran particularidad de la fase uredo es que esta se forma repetitivamente a partir de uredosporas que germinan cuando las condiciones de disponibilidad de tejido que infectar de su hospedante es abundante y las condiciones de clima son las óptimas. A esta fase también, se les denomina la fase de repetitiva puesto que forma uredosporas sin pasar por las fases picnia y aecia; otro nombre con el que se identifica a esta fase es también como la fase propagativa por su alta capacidad de infección y producir el mayor número de plantas enfermas. Las pústulas de color amarillo anaranjado.

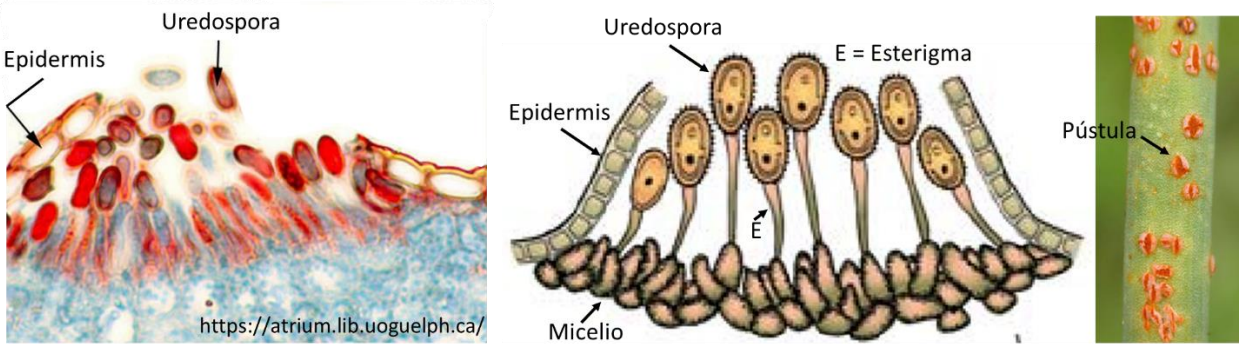


Figura 252. Fase Uredo forma una estructura inmersa dentro del tejido de la planta y se expresa formando pústulas de color amarillo a anaranjado, se presenta en diferentes órganos de la planta.

FASE III o Telia: esta fase se forma cuando las condiciones son desfavorables para la formación repetitiva de la fase uredo; en este caso las uresporas germinan y sus hifas forman un colchón de micelio dando origen esterigmas sobre el cual se desarrollan esporas que son comúnmente denominadas en esta fase como **teliosporas** (Figura 253)**.** Las teliosporas son uni o bicelular con pared celular gruesa con abundante acumulación de melanina y es de condición dicariótica (n + n). Esta fase también conocida como la fase conservativa de las royas al mantenerse a si hasta que existan condiciones favorables para su germinación. Las pústulas formadas en esta fase son fáciles de reconocer por ser de color marrón oscuro a negro.

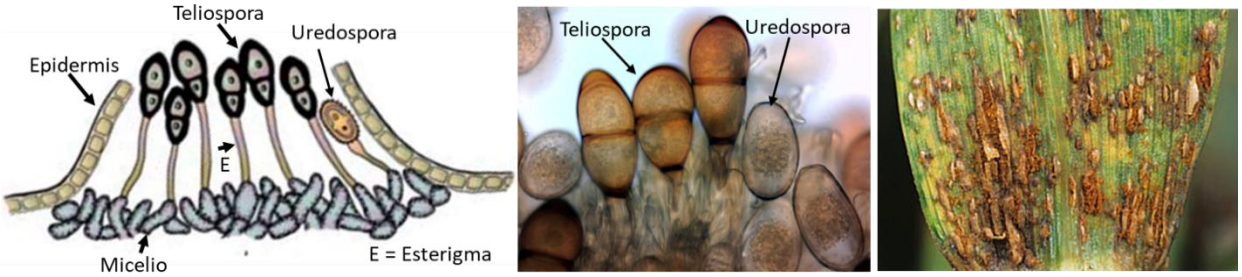


Figura 253. Fase Telia forma una estructura inmersa dentro del tejido de la planta al igual que en la fase uredo se expresa formando pústulas de color marrón a negro.

FASE IV o Basidia: en esta fase no se forma ningún cuerpo fructífero, la **basidia** que es la estructura típica de esta fase resulta de la germinación directa de una teliospora, cuando las condiciones son favorables. Para la formación de la basidia ocurren los siguientes eventos previos: (i) dentro de la teliospora ocurre la cariogamia (2n), seguidamente se produce la meiosis que por lo general resulta en la formación de cuatro células hijas haploides (n). (ii) la teliospora germina produciendo un tubo germinativo largo denominado promicelio, las cuatro células haploides migran hacia el promicelio, donde cada célula es separada por una septa. En cada septa se produce un esterigma a través del cual migran las células hijas y se rodean una membrana delgada e incolora las que son denominados **basidiosporas**. Toda la estructura que dio origen a las basidiosporas recibe el nombre de Basidia (Figura 254). Las basidiosporas al germinar darán origen a las Picnias.

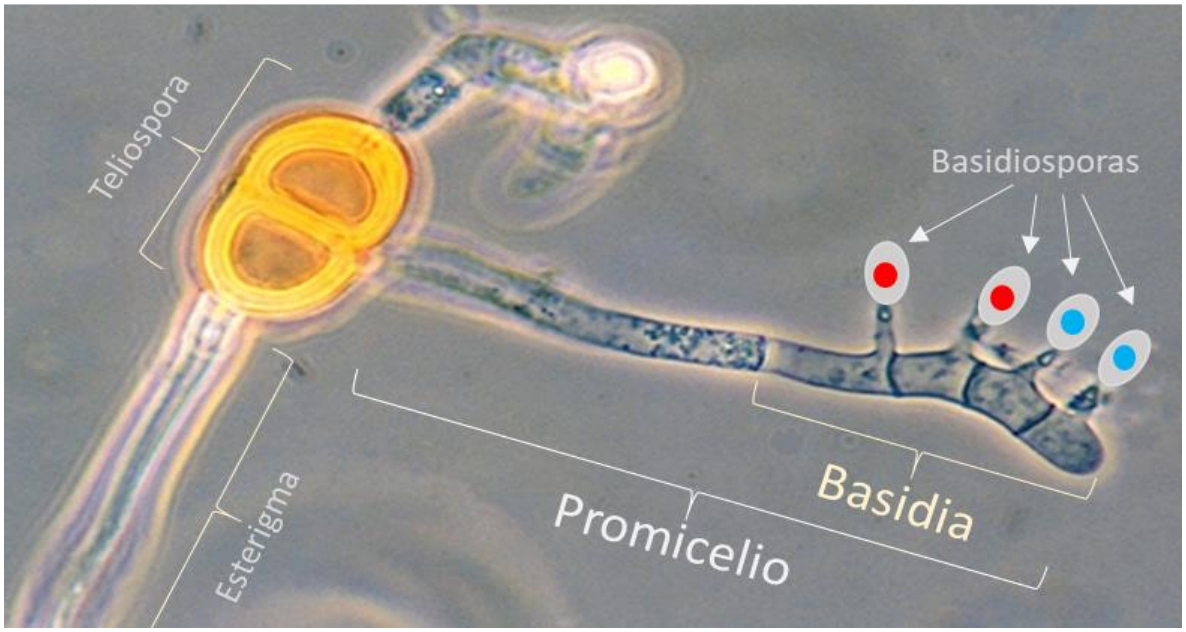


Figura 255. Basidia es la estructura típica formada en la Fase IV de las royas y es la estructura que caracteriza a toda la división Basidiomycota.

De acuerdo con las fases que desarrollan en su ciclo de vida las royas, pueden ser clasificadas en:

Royas macrocíclicas: son aquellas que forman todas las fases en su ciclo de vida, aunque en algunos casos pueden no desarrollar la fase picnia. Como ejemplo de ellas tenemos todas las especies del *Uromyces* y la mayoría de los géneros de *Puccinia*. Las royas macrocíclicas no siempre forman todas sus fases, algunas veces en una minoría de especies no se forma la fase picnia, pero tienen el potencial para producir todas sus fases.

Royas demicíclicas: generalmente forman la fase picnia, telia y basidia. La mayoría de las especies de *Gymnosporangium* son demiciclicas. Ejemplo *Gymnosporangium juniperi-virginianae* causante de la roya en ciprés (Figura 256)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gymnosporangium_juniperi virginianae_Schweinitz_848784.jpg

http://setasyhongosdetineo.blogspot.com/2019/05/puccinia-malvacearum-bertero-ex-mont.html

Figura 256. Royas Demiciclicas: *Gymnosporangium juniperi-virginianae* roya del cipres (a). Roya Microciclica: *Puccinia malvacearum* roya del crisantemo (b).

Royas microcíclicas: sólo se presenta la fase Telia y Basidia. Como ejemplo de este tipo tenemos a *Coleosporium pinicola* que causa la Roya del pino, *Puccinia malvacearum* causa la roya de la malva, *Puccinia horiana* causante de la roya blanca del crisantemo.

En las Royas macrocíclicas sus 5 fases pueden formarse sucesivamente sobre un solo hospedante o puede requerir de dos especies de hospedante diferentes para completar su ciclo de vida; en este contexto las royas son clasificados en:

Royas autoicas: Todas las fases se reproducen en una sola especie vegetal. Ejemplo de ellos tenemos a: *Uromyces phaseoli* var. *typica* cauasnte de la roya del frijol *Puccinia helianthi* causante de la roya del girasol, *Phragmidium macronatum* causante de la roya del rosal, *Melampsora lini* causante de la roya del lino entre otros (Figura 257).

Figura 257. Royas autoicas: *Uromyces phaseoli* (a), *Puccinia helianthi* (b), *Phragmidium macronatum* (c) y *Melampsora lini* (d). Fotos tomadas de: https://www.flickr.com/photos/adamkoczor/26144874579

Royas heteroicas: sus distintas fases se forman en hospedantes diferentes. Por ejemplo, *Puccinia graminis* que causa roya del trigo necesita de *Berveris vulgaris* para completar su ciclo. En el trigo se realiza las fases uredo y telia, y en *B. vulgris* se realiza la fase picnia y aecia. En este caso a *Berberis vulgaris* se considera como un hospedante alternante de la roya del trigo (Figura 258). Otros ejemplos son: *Uromyces striatus* causante de la roya de la alfalfa, tiene como hospederos alternantes a *Euphorbia cyparissias* y *E. virgata, Puccinia sorgui* causante de la roya del maíz, tiene como hospeantes alternantes a especies del género *Oxalis*. Todas las especies de *Puccinia* que afectan a gramíneas poseen hospederos alternantes.

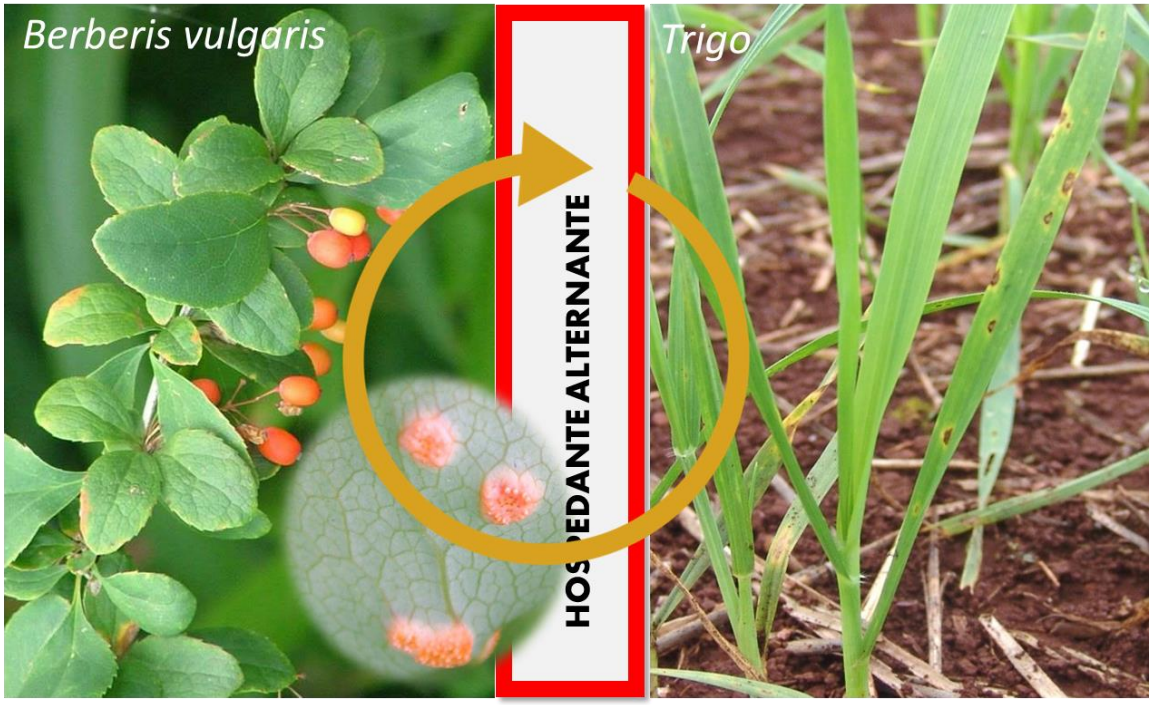


Figura 258. Algunas royas macrocíclicas necesitan de un hospedante diferente al cultivo al cual parasitan para poder completar sus 05 fases. El ejemplo más comentado es *Puccinia graminis* que causa la roya del trigo y tiene como hospedante alternante a *Berveris vugaris*.

Enfermedades de royas más importantes en el Perú

Royas con teliosporas unicelulares:

Uromyces phaseoli	"Roya del frijol"
Uromyces pisi	"Roya de la arveja"
Uromyces fabae	"Roya del haba"
Bubakia erythroxylonis	"Roya de la coca"
Uromyces lupini	"Roya del tarwi o choco"

Uromyces cariophillinus	"Roya del clavel"
Uromyces medicagines	"Roya de la alfalfa"
Uredo cherimoliae	"Roya de la chirimolla"
Hemileia vastatrix	"Roya del café"
Aecidium plukenetiae	“Roya del Sacha inchi”

Royas con teliosporas bicelulares:

Puccinia graminis f. sp. *tritici*	"Roya negra o del tallo del trigo"
Puccinia graminis f. sp. *avenae*	"Roya negra o del tallo de la avena"
Puccinia graminis f. sp. *hordei*	"Roya negra o del tallo de la cebada"
Puccinia hordei	"Roya de la cebada"
Puccinia sorghi	"Roya común del maiz" en costa y sierra
Puccinia polysora	"Roya del maiz" en selva
Puccinia arachidis	"Roya del maní"
Puccinia chysanthemi	"Roya del crisantemo"
Puccinia helianthus	"Roya del girasol"
Puccinia interveniens	"Roya de la malva"
Puccinia mentae	"Roya de la menta"
Puccinia oxalis	"Roya de la oca"
Puccinia asparagi	"Roya del esparrago"
Tranzchelia discolor	"Roya del melocotonero"

Síntomas generales que causan las royas: numerosas manchas de colores rojizos, anaranjados, amarillos o incluso de color blanquecino que producen pústulas (rompimiento de la epidermis) en los órganos de la parte aérea de la planta. Todas las especies son parásitos obligados.

Nombre de la enfermedad: Roya del frijol

Agente causal: *Uromyces phaseoli* (Reben) Wint. (Syn. *U. appendiculatus* (Pers.) Unger)

Clasificación
División: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Orden: Pucciniales
Familia: Pucciniaceae
Género: *Uromyces phaseoli*
Fase asexual: No determinado

Tejidos que infecta:

Afecta principalmente las hojas del frijol, aunque también ataca las vainas y en ocasiones los tallos y las ramas

Síntomas:

Generalmente las infecciones de la roya se manifiestan en el envés de las hojas de frijol, estas infecciones se caracterizan por pequeños puntos amarillentos, que al crecer forman pequeñas elevaciones. Dichas elevaciones denominadas pústulas traspasan los dos lados de la hoja a los pocos días. Al madurar poseen apariencia de polvo rojizo u oxido, son de tamaño variable, las pústulas se distribuyen por toda la hoja, en algunos casos presentan borde amarillo (Figura 259). Cuando la planta se acerca a la madurez, los puntos rojizos se vuelven negros. Ataques muy severos pueden causar amarillamiento y caída de hojas. Condiciones adecuadas para la enfermedad La roya es favorecida en ambientes con temperaturas moderadas (17-27 °C), y lluvias frecuentes, o noches frescas con períodos prolongados de rocío durante prefloración y floración. No se transmite por semilla.

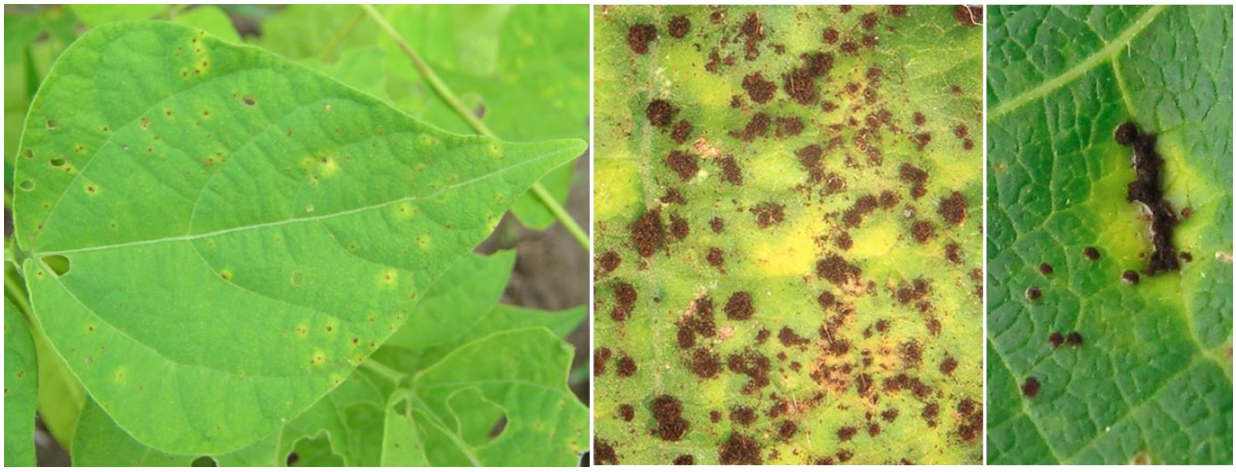


Figura 259. Síntomas de pústulas en el haz y envés en hojas de frijol causados por *Uromyces phaseoli*

Ciclo patogénico:

En la Figura 260, se grafica en ciclo de desarrollo de la enfermedad donde las teliosporas formados en la fase telia, que permanecen en los tejidos infectados remanentes de la campaña anterior germinan produciendo la basidia en el cual se originan cuatro

basidiosporas, dos positivas y dos negativas sexualmente, las cuales son diseminadas por el viento hacia las hojas tiernas donde germinan y forman las picnias. Las hifas fértiles de una picnia (+) es fertilizado con una picniospora (-), al ser fecundado, su micelio crece atravesando la hoja para desarrollar la fase aecia en el envés. Las aeciosporas germinan dando lugar la fase uredo que forman las uredosporas. Las uredosporas diseminadas por el viento, caen sobre otras hojas e inician nuevas infecciones con la producción de más uredosporas; esta fase se repite en tanto exista condiciones favorables para su desarrollo; si las condiciones se vuelven desfavorables se inicia la formación de la fase telia y se produce en ella las teliosporas que son estructuras de sobrevivencia, las cuales germinaran cuando existan condiciones favorables e iniciará un nuevo ciclo infectivo en la siguiente campaña.

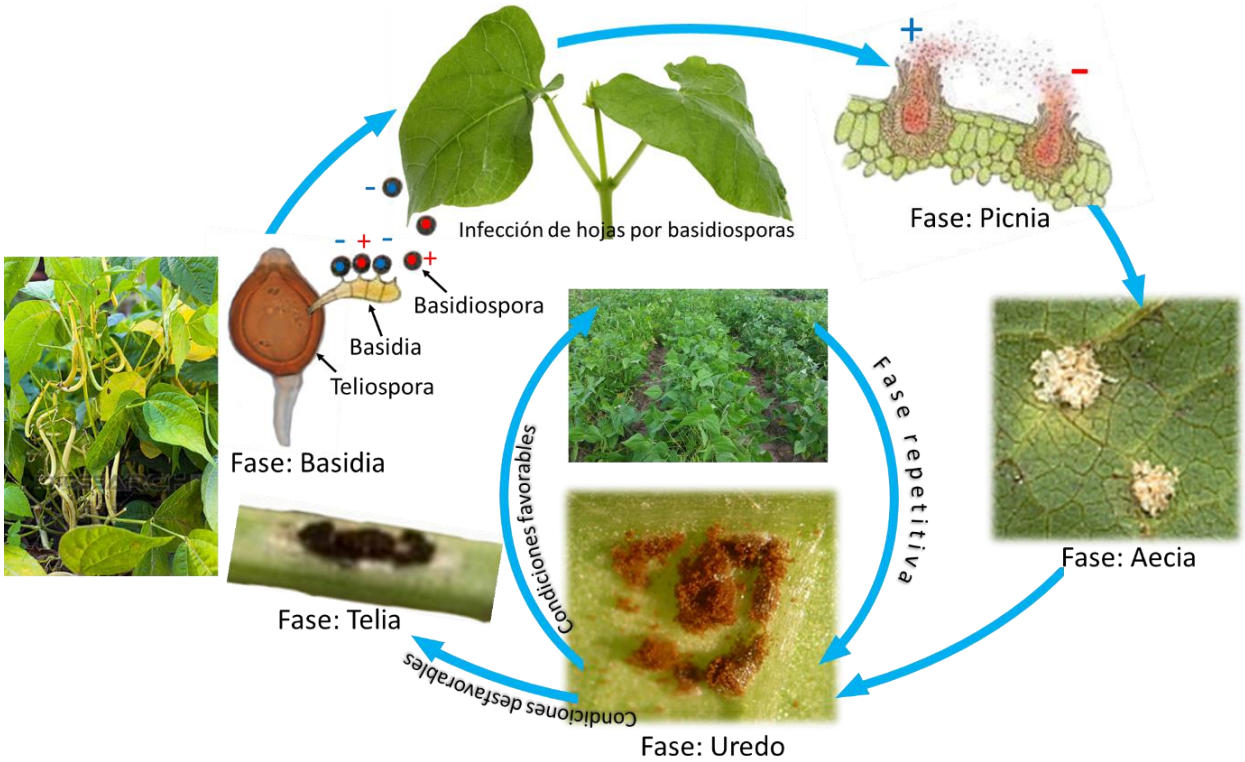


Figura 260. Ciclo patogénico de *Uromyces phaseoli* agente causal de la roya del frijol.

Nombre de la enfermedad: Roya negra o del tallo del trigo

Agente causal: *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*

Tejidos que infecta: Tallo, hojas y espigas.

Síntomas: los síntomas iniciales en las hojas son pequeñas manchas cloróticas que se visibilizan a los 7 a 15 días de la infección, las manchas cloróticas evolucionan a pequeñas pústulas alargadas, de color

Clasificación
División: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Orden: Pucciniales
Familia: Pucciniaceae
Género: *Puccinia graminis*
Fase asexual: No determinado

amarillo, que se alinean longitudinalmente, en dirección de las nervaduras, dando el aspecto estriado a la hoja. Las pústulas se presentan en ambos lados de las hojas (Figura 261). En los, en tallos, se presentan pústulas en mayor intensidad que se unen varias de ellas y causan grandes manchas. Las pústulas también se producen en vaina foliar y espigas. Si el cultivar es susceptible puede causar su secamiento y final muerte de la planta.

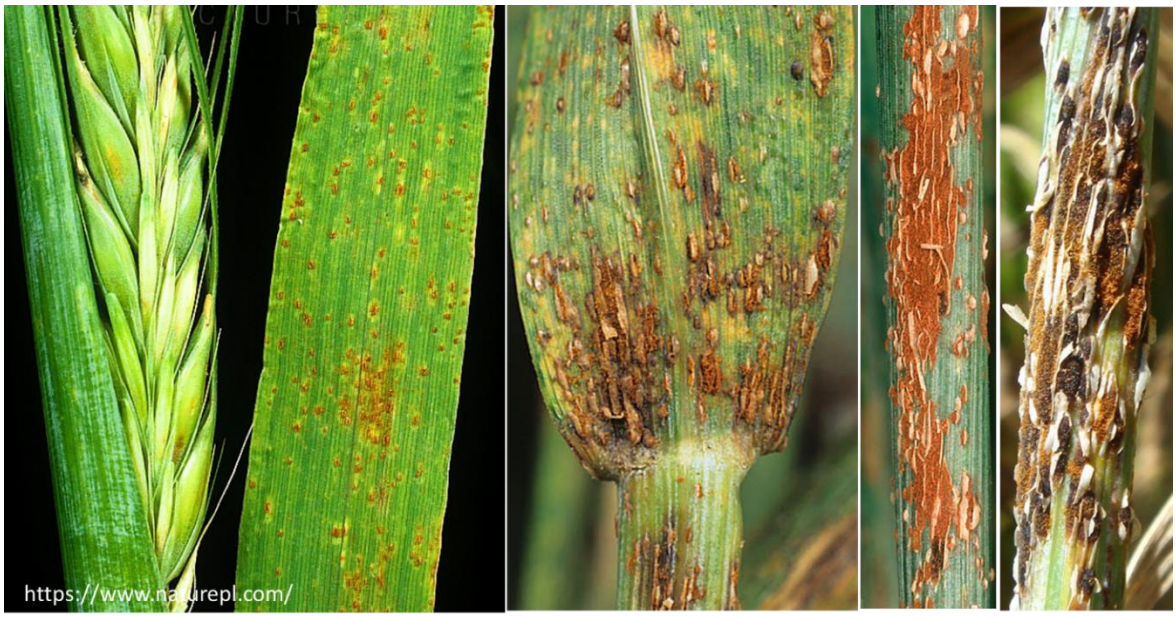


Figura 261. Síntomas de pústulas en hojas y tallo de trigo causados por *Puccinia graminis* f. sp. tritici

Ciclo patogénico

Al final del ciclo de cultivo la disponibilidad de tejido susceptible disminuye o cuando las condiciones climáticas son desfavorables en las mismas pústulas donde se forman las uredosporas (fase Uredo) se forman las teliosporas (fase Telia), que son de color oscuro. Como ya se ha mencionado las teliosporas son estructuras conservativas que permiten a la roya sobrevivir condiciones adversas; en este caso, las teliosporas germinan y dan origen a la basidia sobre el cual se forman las basidiósporas que infectan a las hojas del hospedante alternante *Berberis vulgaris* que es una maleza en los campos de cultivo de trigo. La infección por una basidiospora genera la formación de una picnia en el haz de las hojas jóvenes de *Berberis.* Las picniósporas o espermacios formadas en las picnias son diseminados por el viento e infectan a hojas de *Berberis* que originarán la formación de la fase aecia. La germinación de las teliosporas y formación de las aeciosporas están debidamente sincronizados para la etapa en que las plantas de trigo de la siguiente campaña se encuentren en pleno crecimiento. Las aeciosporas de las hojas de Berberis son diseminados por el viento y son depositados sobre las hojas de trigo, formándose sobre ellas la fase uredo que se repetirá cientos de veces mientras exista alimento disponible y condiciones de clima favorable, de lo contrario formará la fase telia (Figura 262).

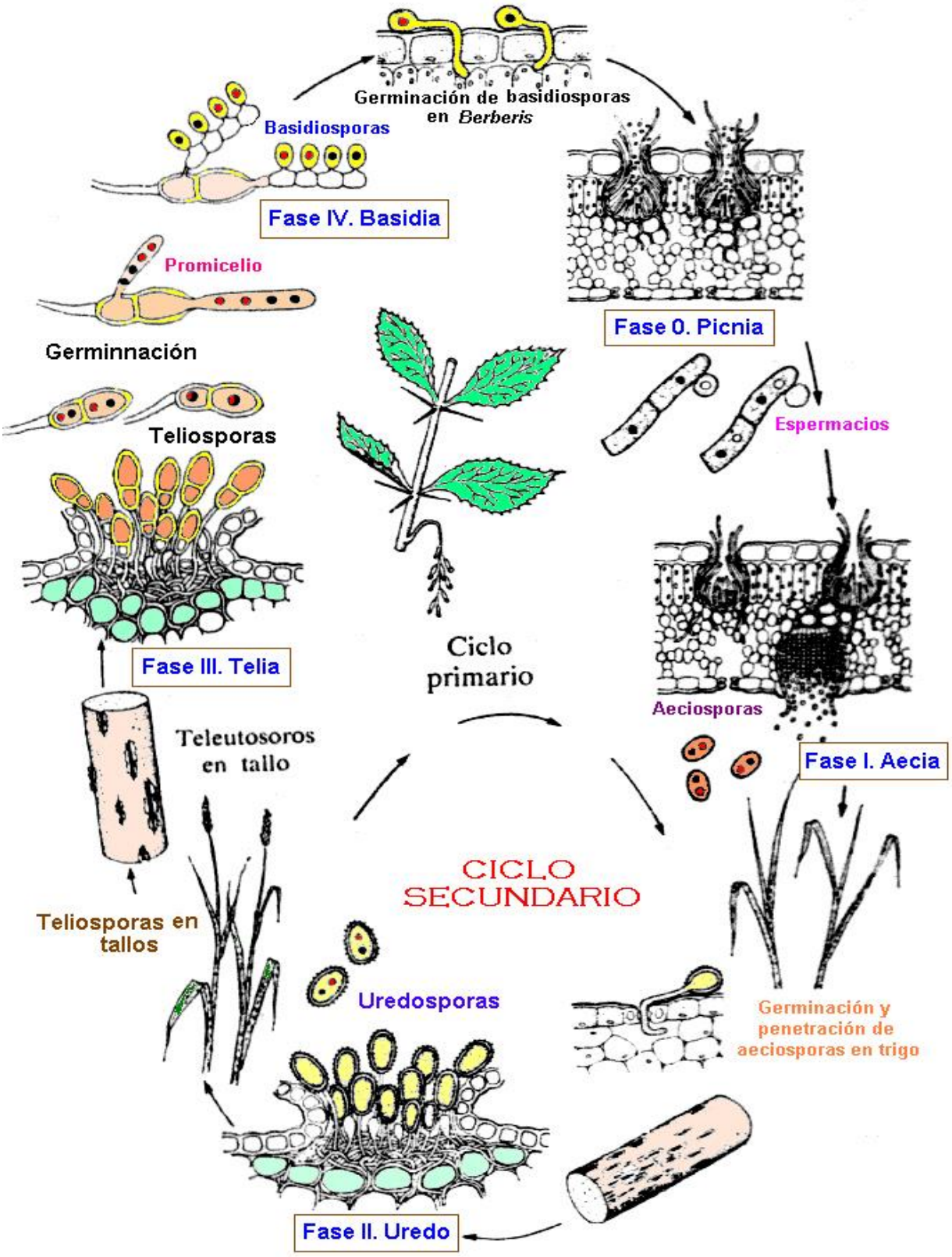


Figura 262. Ciclo patológico del "Roya del trigo" causado por *Puccinia graminis*

Nombre de la enfermedad: Roya amarilla del café

Agente causal: *Hemileia vastatrix*

Tejidos que infecta: Solo hojas

Síntomas:

Clasificación
División: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Orden: Pucciniales
Familia: Pucciniaceae
Género: *Puccinia graminis*
Fase asexual: No determinado

Esta roya solo infecta a las hojas, los primeros síntomas de la enfermedad se presentan en el envés de las hojas en forma de pequeñas manchas cloróticas de forma redondeadas; estas manchas son inicialmente pequeñas de 1 a 5 mm de diámetro y pueden crecer hasta más de 1.5 cm. Las manchas cloróticas poco a poco son recubiertas por una masa pulverulenta de color amarillo-naranjado que corresponden a las uredosporas. En el haz se observa manchas circulares de color amarillo que conforme van creciendo el centro se puede observar tejido necrótico (Figura 209), debido a ello, la hoja cae prematuramente causando de foliación. Las infecciones y defoliaciones sucesivas disminuyen drásticamente la producción, los frutos son pequeños y de baja calidad (Figura 263).

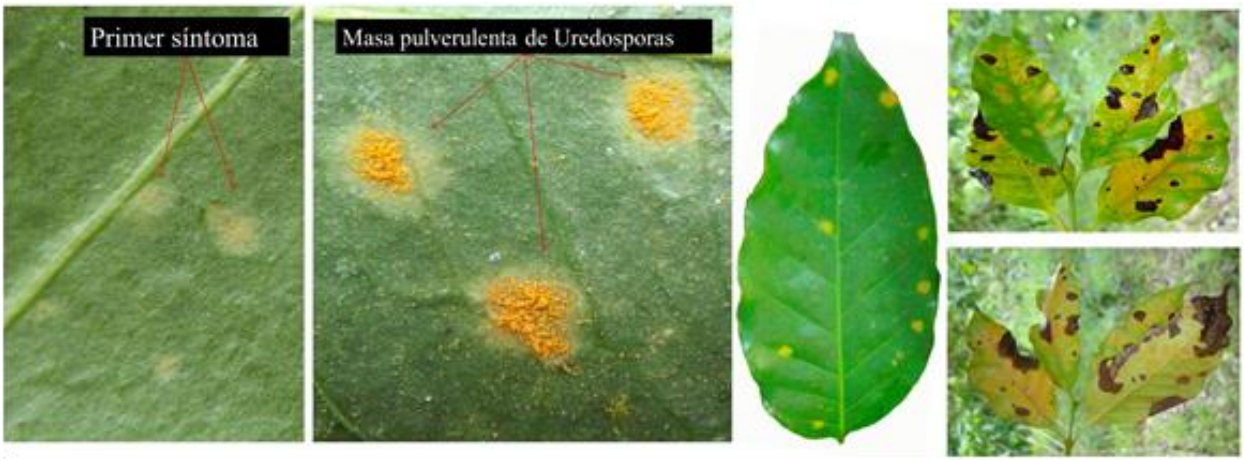


Figura 263. Síntomas iniciales y avanzados de la roya amarilla en el envés y haz de las hojas

Se ha estimado que una hoja infectada puede desprenderse de la planta 2 a 3 meses después y que el mayor periodo de susceptibilidad de la hoja a la infección ocurre aproximadamente a los 60 días después de la floración. En cada mancha o comúnmente llamado pústula (recuerde que esta roya no produce este síntoma, dado que emerge a través de los estomas) se puede formar alrededor de 300 a 400 000 uredosporas por mes y puede permanecer produciéndolo por cinco meses. En ciertas hojas infectadas es común encontrar parasitando a las uredosporas a *Lecanicilliun lecanii* (Zare & Gams) (Figura 264-b) que actúa como un antiesporulante al disminuir el potencial de inoculo.

La roya amarilla fue introducida a América en 1970 a Brasil y de esta se disemino a todo el continente, en el Perú fue reportado en 1979 en Satipo – Selva Central. A partir de la campaña 2012-2013 en el Perú y toda América se presentó un segundo rebrote epidémico de esta enfermedad ocasionando graves pérdidas en los volúmenes de cosecha y calidad en tasa.

Figura 264. Síntomas de defoliamiento severo de plantas de café ocasionado por el segundo rebrote de la roya amarilla (a). *Lecanicillium lecanni* parasitando las uredosporas de *H. vastatrix* (b).

Ciclo patogénico

La roya amarilla es una enfermedad predominantemente de altitudes menores a los 1400 msnm donde predominan condiciones de temperatura ideales para la germinación de sus uredosporas; mientras que en altitudes superiores predominaba el ataque de “ojo de gallo”.

En la Figura 265, se presenta gráficamente el ciclo patogénico de *Hemileia vastatrix*, una particularidad de esta roya es que solo sea logrado determinar la formación la fase uredo y telia, siendo las uredosporas las únicas unidades infectivas en café. Se desconoce que hospédante infecte las basidiosporas que se forman después de la germinación de la teliospora.

Para la geminación de las uredosporas es importante la temperatura (21 a 25 °C), baja luminosidad y agua superficial sobre las hojas, esta condición por lo general existe en plantaciones con exceso de sombra o las plantas de café no se ha realizados las podas en forma oportuna (autosombreamiento). Los apresorios de las uredosporas germinadas penetra a través de los estomas. El micelio se desarrolla en los espacios intercelulares penetrando sus haustorios a las células a través del cual obtiene los nutrientes para su desarrollo y formación de uredosporas.

Aproximadamente a los 14 a 15 días después de la infección a parce en el envés de las hojas los primeros síntomas que consiste en la expresión de pequeñas manchas cloróticas, sobre los cuales en un tiempo promedio de 14 a 15 días van emergiendo a través de los estomas, nuevas uredosporas; de tal manera que el ciclo patogénico es completado en 28 a 30 días. El principal impacto de la roya en el cultivo del café es la defoliacion prematura, quedando los granos sin acumular fotosintatos unos 3 a 5 meses lo que disminuye la cantidad y calidad de las cosechas.

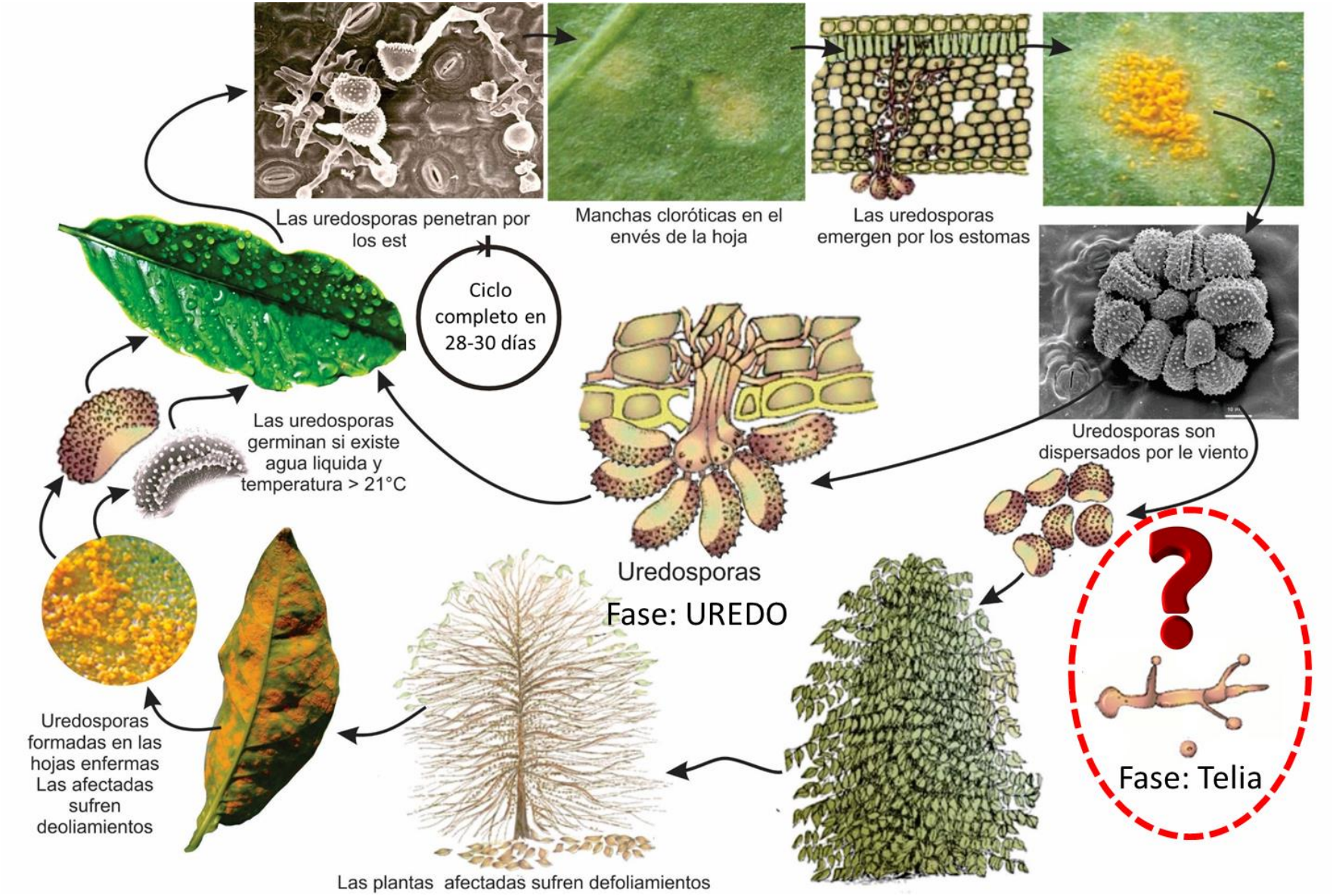


Figura 265. Ciclo patológico del "Roya del café" causado por *Hemileia vastatrix.* Adaptado de Agrios (2005)

Familia: Cronartiaceae

Nombre de la enfermedad: Roya del Shainchi.

Agente causal: *Aecidium plukenetiae* R. Berndt, sp. Nov (= *Cronartium* spp).

Tejidos que infecta: Hojas, frutos, pedúnculos y ramas.

Síntomas: causa hipertrofias (agallas) en tallos, ramas, peciolos, lámina foliar y estigma de los frutos (Figura 266). Es una enfermedad ocasional

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Familia: Cronartiaceae

Género: *Aecidium plukenetiae*

Fase asexual: No determinado

Figura 266. Síntomas de hipertrofia causados por *Aecidium plukenetiae* agente causal de la roya del Sacha inchi.

Familia: Phakopsoraceae

Agrupa 18 géneros y aproximadamente 108 especies.

Nombre de la enfermedad: Roya de la coca

Agente causal: *Bubakia erythroxylonis* (Graziani) Cummins (=*Uredo erythroxyli* Graziani, Bull.). Es una roya autoica.

Tejidos que infecta:

Solo hojas

Síntomas:

Produce pústulas en el envés de las hojas. No es enfermedad de importancia en este cultivo.

Clasificación
División: Basidiomycota
Clase: Pucciniomycetes
Orden: Pucciniales
Familia: Phakopsoraceae
Género*: Bubakia erythroxylonis*
Fase asexual: No determinado

Figura 267. Síntomas causados por *Bubakia erythroxylonis* en hojas de coca.

Familia: Phragmidiaceae

Las royas de esta familia son autoicas de amplia distribución, especialmente en climas templados. Varias especies de *Phragmidium* afectan rosas ornamentales.

Nombre de la enfermedad: Roya del rosal

Agente causal: *Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schlecht.

Tejidos que infecta: Hojas y ramas.

Síntomas:

Producen pústulas anaranjadas y brillantes en las hojas, ramas e incluso en los pedúnculos de las hojas. Posteriormente las pústulas adquieren tonalidades negras intercaladas con las naranjas, esas tonalidades negras corresponden a la formación de la fase telia (Figura 268). Es una roya autoica

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Familia: Phragmidiaceae

Género*: Phragmidium mucronatum*

Fase asexual: No determinado

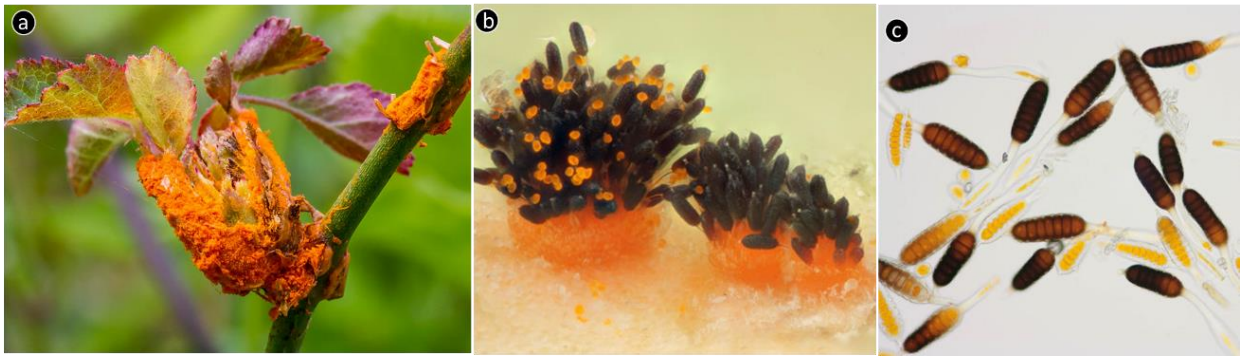


Figura 268. Síntomas de la roya del rosal causado por *Phragmidium mucronatum*. Pustulas y uredosporas (a). Fase telia (b). Uredospors y Teliosporas (c). Tomada de https://www.discoverlife.org/mp/20p?see=I_MWS127734&res=640..

12.2.2 Orden: Septobasidiales

Familia: Septobasidiaceae

Algunos son parásitos en plantas que no revierten importancia económica otros son entomopatógenos que parasitan queresas (orden Homóptera); las basidiosporas germinan en los insectos y penetran en sus cuerpos a través de sus haustorios; un ejemplo de ellos incluye a *Septobasidium* y *Auriculoscypha*.

Nombre de la enfermedad: Mal de fieltro en cacao

Agente causal: *Septobasidium* sp.

Es un hongo entomopatógeno que parasita a queresas

Tejidos que infecta:

Septobasidium sp. no infecta directamente al cacao, parasitan parcialmente a queresas que parasitan al caco. Su presencia se observa sobre troncos, ramas y ramillas.

Clasificación

División: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Septobasidiales

Familia: Septobasidiaceae

Género*: Septobasidium* sp.

Fase asexual: No determinado

Mecanismo de parasitismo:

Septobasidium y los insectos a los que parasita han establecido un mecanismo de convivencia de balance positivo para toda la colonia de insectos.

Los haustorios de *Septobasidium* penetran a al cuerpo de algunos de los insectos de la colonia y se alimenta de ellos sin matarlos, pero estos se vuelven estériles. Los insectos no parasitados se benefician al ser protegidos de sus predadores por la masa de estructuras del hongo que se forma sobre la colonia (Figura 269).

Las queresas recién nacidas trasladan adherido a su cuerpo las basidiosporas y medida que ellos establecen nuevas colonias de alimentación una parte de la colonia de queresas se sacrifica al hongo como alimento de *Septobasidium* a cambio de la protección que este proporcionada al resto de los insectos. En la Figura 269, se presenta a una especie de *Septobasidium* que se encuentra en tallos y ramas de cacao en la selva peruana. Se desconoce que género y especie de queresa parasita.

Figura 268. *Septobasidium* en tallos y ramas de cacao parasitando queresas.

12.3 Clase: Ustilaginomycetes

Esta clase representa a los hongos que producen las enfermedades conocidas como "carbones". Incluye unas 1 700 especies divididas en 93 géneros (hasta el 2012). Los carbones son enfermedades hipertróficas en inflorescencias, granos, tallos, hojas, tubérculos, semillas y plántulas (Figura 270). La mayoría de los carbones infectan los ovarios de gramíneas que destruye por completo todo el grano. Además, de los síntomas de hipertrofias o agallas causa enanismo (*Tilletia* sp.), estrías en hojas (*Ustilago filiformis*), panojas y espigas estériles (*Sporisorium* sp.).

Figura 270. Síntomas causados por carbones en cultivo de maíz (*Ustilago maydis*), trigo (*U. tritice*), caña (*Ustilago scitaminea*), papa (*Tecaphora solani*), cebolla (*Urocystis cepulae*), arroz (*Tilletia barclayana*)

12.3.1 Orden: Ustilaginales

Agrupa alrededor de 8 familias, 49 géneros, y 851 especies, y causan las más severas enfermedades de carbones en cultivos de importancia económica.

Familia: Ustilaginaceae

Contiene 18 géneros y aproximadamente 607 especies. El género representativo de esta familia es *Ustilago* que está compuesto por más 200 especies que se desarrollan sobre gramíneas (Poaceae), como *Ustilago maydis* en maíz, *U. tritici* en trigo, *U. avenae* en avena y *U. nuda* en cebada.

El nombre de la enfermedad **"Carbón"**, es debido a que en el órgano afectado se forma una abundante masa carbonosa constituido por micelios que se fragmentan y forman las teliosporas o también llamadas clamidosporas por ser estructuras conservativas. La teliospora al germinar forma la basidia sobre la cual se producen las basidiosporas sésiles en un numero de cuatro.

La enfermedad del carbón generalmente no llega a matar a su hospedante, pero deterioran totalmente la cosecha, sobre todo cuando sus teliospora reemplazan todo el contenido de las semillas.

En los cereales se distingue a carbones vestidos o cubiertos, que destruyen los granos, pero no las glumas; y los carbones desnudos o volantes, en los que granos y glumas son afectados, y lo único que queda sano es el eje de la espiga**.**

Enfermedades causadas por Ustilago

Ustilago maydis	"Carbón del maíz"
Ustilago tritice	"Carbón del trigo"
Ustilago hordei	"Carbón de la cebada"
Ustilago nuda	"Carbón desnudo de la cebada"
Ustilago avenae	"Carbón desnudo de la avena"

Nombre de la enfermedad: Carbón del maíz

Agente causal: *Ustilago maydis* (DC) Corda.

Tejidos que infecta: inflorescencias, hoja y tallos

Síntomas: *Ustilago maydis* infecta a las dos especies de maíz: *Zea mays* y *Zea mexicana* (teosinte). El síntoma común son las agallas, que van desde 1 cm a más de 30 cm de diámetro. Se forman frecuentemente en las espigas femeninas y masculinas, pero también en tallos, nudos y hojas; también, producen clorosis, deformaciones, enanismo y acumulación de antocianinas. La inducción de tumores probablemente involucra la producción de fitohormonas como ocurre en algunas infecciones; sin embargo, su naturaleza no ha sido aún determinada. En la Figura 271. Se muestra los síntomas causados por *U. maydis* en diferentes órganos de una planta de maíz.

Clasificación:

División: Basidiomycota

Clase: Ustilaginales

Orden: Ustilaginales

Familia: Ustilaginaceae

Género: *Ustilago maydis*

F. asexual: *Levadura?*

Las hipertrofias en los granos de maíz causados por *Ustilago maydis* son un ingrediente en la gastronomía tradicional de México. Los agricultores incluso han llegado a diseminar las teliosporas en plantaciones de maíz, con la finalidad de obtener mayor número de mazorcas infectadas. Es conocido esta enfermedad en el centro de México con el nombre huitlacoche y ha sido considerado como "la comida de los dioses". Se ha descrito el sabor como una mezcla entre trufas negras con champiñones, con un sabor más intenso a ahumado; la magia realmente ocurre cuando se consume en tortillas de maíz (Figura 272). Estos tumores o agallas son blanquecinos y grisáceos por fuera, con un

ligero tono plateado. La carne, primero blanca, es de tacto agradable y sabor dulzón (parte comestible y comercializada), pero al madurar se convierte en una masa pulverulenta de color pardo negruzco por la acumulación de esporas, que le da el nombre popular de “carbón del maíz”.

Figura 271 Síntomas hipertróficos causados por *U. maydis* en diferentes órganos de una planta de maíz. Fuente: https://i.pinimg.com/originals/14/6c/fc/146cfc4623.jpg.

Figura 272 Granos de maíz hipertrofiados por la infección de *Ustilago maydis* como insumo para la preparación del huitlacoche, potaje ancestral en México. Tomado de: https://cookpad.com/eeuu/recetas/4836441-guiso-huitlacoche.

Ciclo patogénico:

El ciclo patogénico de un carbón es más simple que el de las royas. En la Figura 273. Se presenta el ciclo patogénico de un carbón de *Ustilago maydis* tomando como modelo.

Se estima que una sola agalla existe alrededor de 200 billones de teliosporas, estas pueden permanecer viables por varios años y pueden ser diseminadas por viento o gotas de lluvia. Las agallas se empiezan a visualizar luego de 10 a 14 días después de producirse la infección.

Las teliosporas sobreviven en el rastrojo o sobre el suelo. Desde el punto de vista nutrición de los hongos los carbones son parásitos semi obligado por estar una parte de su ciclo de vida fuera de su hospedante, pero no se alimenta de la materia orgánica.

Las teliosporas son liberadas cuando las agallas se secan y se abren, son diseminados por el viento y bajo condiciones favorables, germinan produciendo una basidia, ocurriendo en ella la cariogamia y luego la meiosis, dando finalmente la formación de un promicelio de cuatro células, de cada una de ellas se forma una basidiospora hialina, ovalada uninucleada. Las basidiósporas pueden dividirse por gemación y comportarse como levaduras o germinar y formar pequeños micelios primarios.

Las basidiosporas germinan produciendo micelios cortos de nominados primarios, dos micelios primarios compatibles se conjugan por anastomosis para formar el micelio secundario que es dicariótico y este penetra a los tejidos del hospedante y son los únicos que se desarrollan en el interior causando infecciones localizadas. Las agallas comienzan a formarse dentro de la semana de infección y crecen hasta las 3 semanas después de la infección.

La infección de los granos en cereales, por ejemplo, en maíz ocurre de la siguiente manera:

> Las basidiosporas germinan sobre los esterigmas del ovario y penetran hasta ella como micelio primario, en el ovario se produce la anastomosis dando como resultado la formación del micelio secundario que invade todo el ovario causando su hipertrofia. A partir de la masa de hifas dicarióticas sus células se transforman por fragmentación en teliosporas (también llamadas clamidosporas) que son estructuras esféricas o elipsoidales de color negro, que constituyen las estructuras conservativas que se mantienen en semillas contaminadas o en el resto de tejido vegetativo que permanecerán en el suelo. Su germinación formara basidiosporas que reiniciaran nuevos ciclos infectivos.

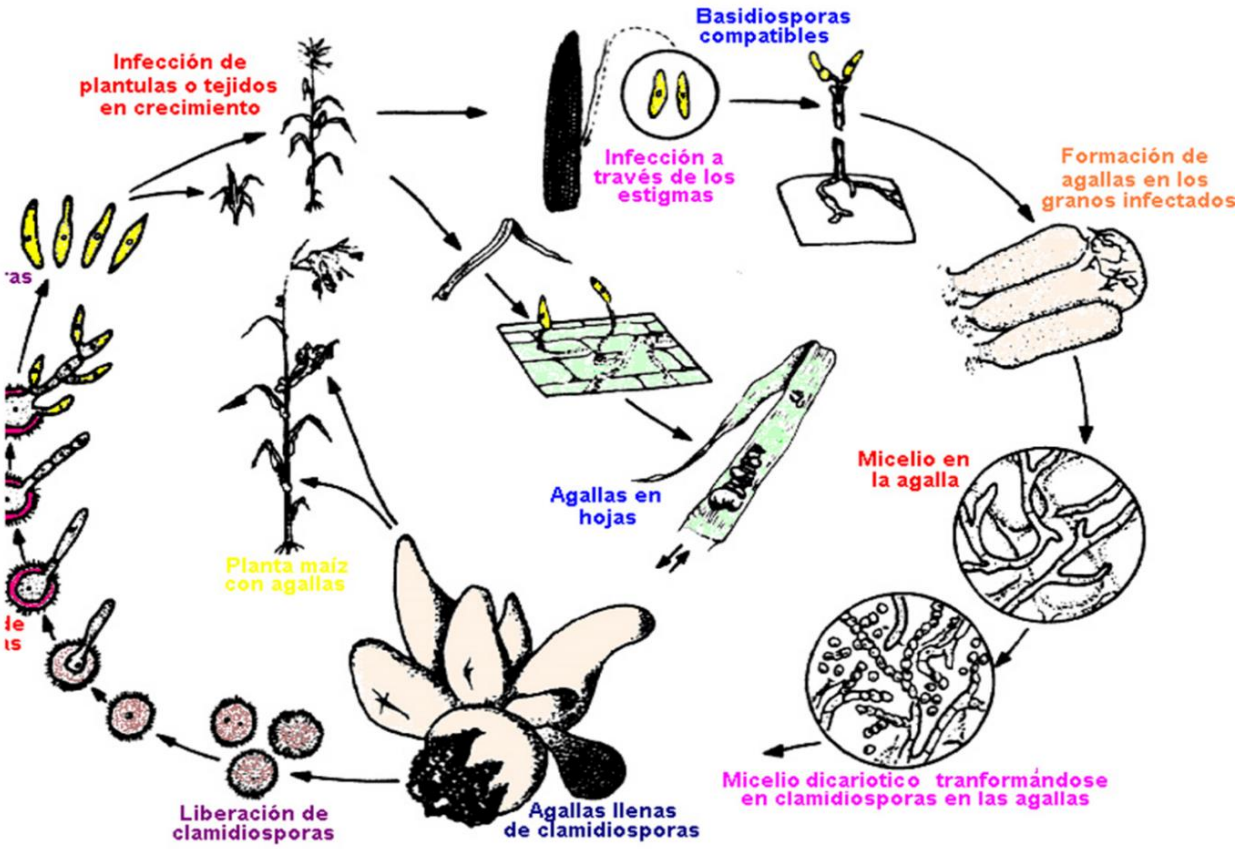


Figura 273 Ciclo patogénico de *Ustilago maydis* en maíz.

12.4 Orden: Urocystidiales

Agrupa a 4 familias de las que destaca desde el punto de vista fitopatológico la familia Urocystidiaceae y Glomosporiaceae. En la Figura 274 se presenta las formas de las teliosporas de estas dos familias.

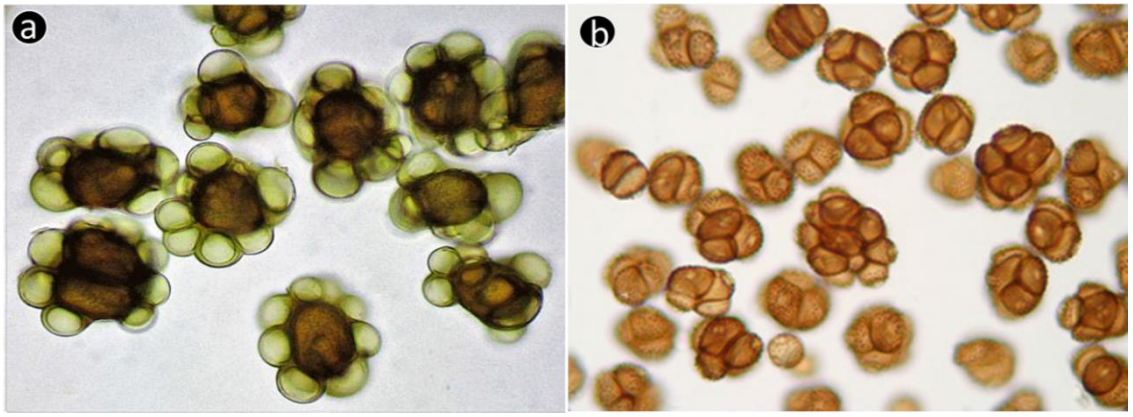


Figura 274 Teliosporas de Urocystidiaceae (a) y Glomosporiaceae (b). Tomado de: https://www.plantparasitesofeurope y https://www.discoverlife.org/.

Familia: Urocystidiaceae

Agrupa a 7generos y 188 especies aproximadamente

Nombre de la enfermedad: Carbón de la cebolla

Agente causal: *Urocystis cepulae* Frost.

Tejidos que infecta: hojas y tallos, en ocasiones flores y semillas y con menos frecuencia las raíces.

Clasificación:

División: Basidiomycota

Clase: Ustilaginomycetes

Orden: Urocystales

Familia: Urucystaceae

Género: *Urocystis cepulae* Frost

F. asexual: *Paepalopsis sp*.

Síntomas: se presentan en todos los estados de desarrollo de la planta. En los cotiledones y en las primeras hojas se pueden observar áreas oscuras que aparecen a menudo ligeramente hinchados. Las lesiones en las hojas provocan que se curven hacia abajo, en el interior de estas lesiones se van formando las teliosporas en una masa polvosa de color negro (Figura 275). La infección se extiende hasta llegar al bulbo en este estado las plantas se vuelven raquíticas y por lo general causa su muerte a las seis semanas después de manifestado los primeros síntomas. Las plántulas después del periodo de crecimiento dejan de ser susceptibles a la enfermedad. Las lesiones en los bulbos son a menudo el punto de entrada de diferentes patógenos secundarios que provocan su podrición.

Figura 275 Síntomas del carbón de la cebolla, causado por *Urocystis cepulae*

Familia: Glomosporiaceae

Agrupa a 3 géneros de los que destaca *Thecaphora*.

Nombre de la enfermedad: Carbón de la papa

Agente causal: *Thecaphora solani*

Síntomas:

En la parte área de la planta no produce ningún síntoma, la enfermedad sólo se visibiliza en la época de cosecha y se caracterizan por el desarrollo de tumores tubérculos. En el interior de las agallas se aprecia un tejido con estrías y puntos de color café oscuro a negro de apariencia carbonosa; a medida que se deshidrata el tejido infectado de desprenden los soros o teliosporas (Figura 276).

Clasificación:

División: Basidiomycota

Clase: Ustilaginomycetes

Orden: Urocystales

Familia: Glomosporiaceae

Género: *Thecaphora solani*

F. asexual: *Thecaphorella*

La principal forma de diseminación de la enfermedad es a través del uso de semilla infecta, las hipertrofias son muy pequeñas menos de 1 mm que pasan desapercibidos al momento de su selección. Las teliosporas pueden sobrevivir en el suelo e infectar a los tallos y tubérculos subterraneos.

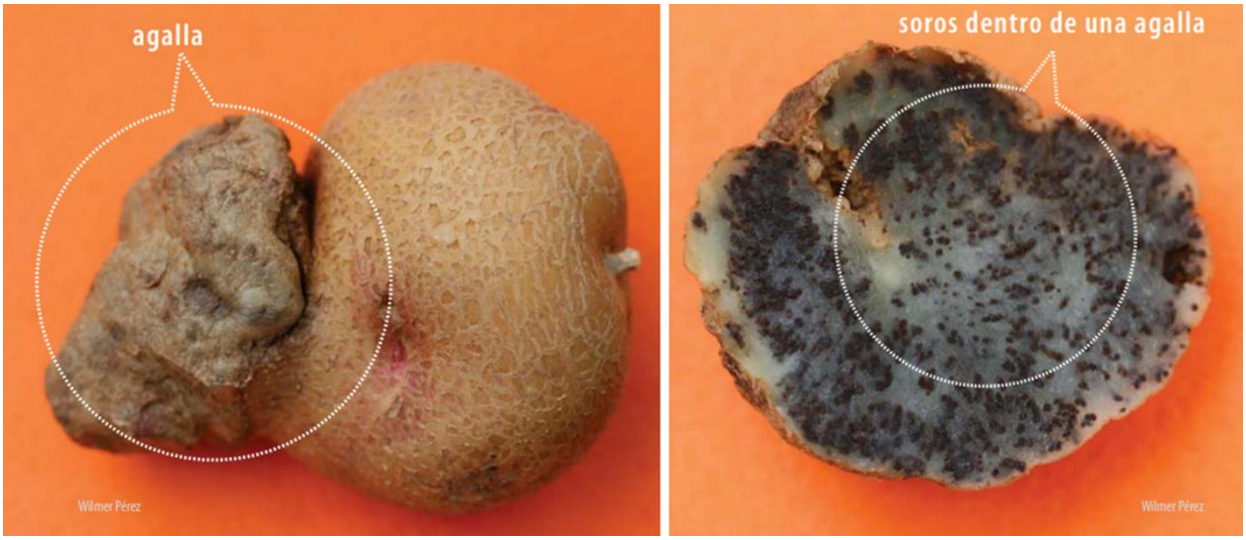


Figura 276. Síntomas del carbón de la papa, causado por *Thecaphora solani*. Fuente: http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/04/0060841-1.pdf

Nombre de la enfermedad: Carbón del maní

Agente causal: *Thecaphora frezzi* Carranza & J.C. Lindq.

Síntomas: las vainas afectadas muestran hipertrofia y consistencia esponjosa y frágiles al tacto, los síntomas en al grano depende se la severidad del ataque que van desde manchas necróticas de color marrón hasta aquellos muestran una masa pulverulenta de color negro que corresponde a las teliosporas (Figura 277). Esta enfermedad fue reportada por primera vez en Brasil en 1962, A la fecha (año 2020), no se ha reportado en las plantaciones de maní en la selva peruana. En América Latina se encuentra reportado para Brasil, Bolivia y Argentina.

Clasificación:

División: Basidiomycota

Clase: Ustilaginomycetes

Orden: Urocystales

Familia: Glomosporiaceae

Género: *Thecaphora frezzi*

F. asexual: *Thecaphorella*

Figura 277. Síntomas del carbón del maní causado por *Thecaphora frezzi*. Fuente: ©Luis Ignacio Cazón/INTA-CIAP-IPAVE

12.5 Clase: Exobasidiomycetes

Al igual que la clase Ustilagynomicetes también causan carbones formado a gallas en los órganos de las plantas que parasitan. La diferencia es que la mayoría de los Exobasidiomycetes forman las basidias externamente sobre el tejido infectado dejando de formar teliosporas, mientras que otros producen teliósporas dentro del tejido vegetal, las cuales son liberadas por la ruptura de estos tejidos. Incluye alrededor de 8 órdenes, de los cuales destaca los Tilletiales y los Exobasidiales

12.5.1 Orden: Tilletiales

Agrupa a una única familia Tilletiaceae

Familia: Tilletiaceae

Agrupa a 07 géneros y más de 150 especies que infectan a gramíneas que incluyen al trigo y arroz. El género de importancia patogénica es el género Tilletia.

Tilletia barclayana (Neovosia horrida)	Carbón del arroz.
Tilletia carie	Carbón cubierto del trigo
Tilletia foetida	Causa la carie de los cereales o carbón del trigo.

Clasificación:

División: Basidiomycota

Subdivisión: Ustialogymicotina

Clase: Exobasidiomycetes

Orden: Tilletiales

Familia: Tilletiaceae

Género: *Tilletia barclayana*

F. asexual: *Tilletiela sp.*

Nombre de la enfermedad: Carbón del arroz

Agente causal: *Tilletia* barclayana (Bref.) Sacc. & P.Syd. (=*T. horrida*)

Síntomas:

Todo el endosperma del grano es reemplazado por las teliosporas de color negro. Por lo general, las plantas afectadas sólo tienen unos pocos granos infectados, la infección ocurre en la floración. Las teliosporas germinan en el suelo y las basidiosporas son dispersados por aire e infectan a las flores. Las teliosporas pueden permanecer viables durante más de 2 años. En Suramérica se encuentra en Brasil, Guyana, Surinam, Colombia y Venezuela. No se ha reportado esta enfermedad en el Perú.

Figura 278. Síntomas del carbón de arroz causado por *Tilletia barclayana*. Fuente: https://www.lsuagcenter.com/NR/rdonlyres/A6C7D11A-B959-4EF3-8BC1-

12.5.2 Orden Exobasdiales

Causan síntomas como agallas, agrupa a las familias Exobasidiaceae y Graphiolaceae; sin importancia patogénica en cultivos tropicales. En la Figura 279, se presenta los síntomas producidos por los géneros *Exobasidium* y *Graphiola.*

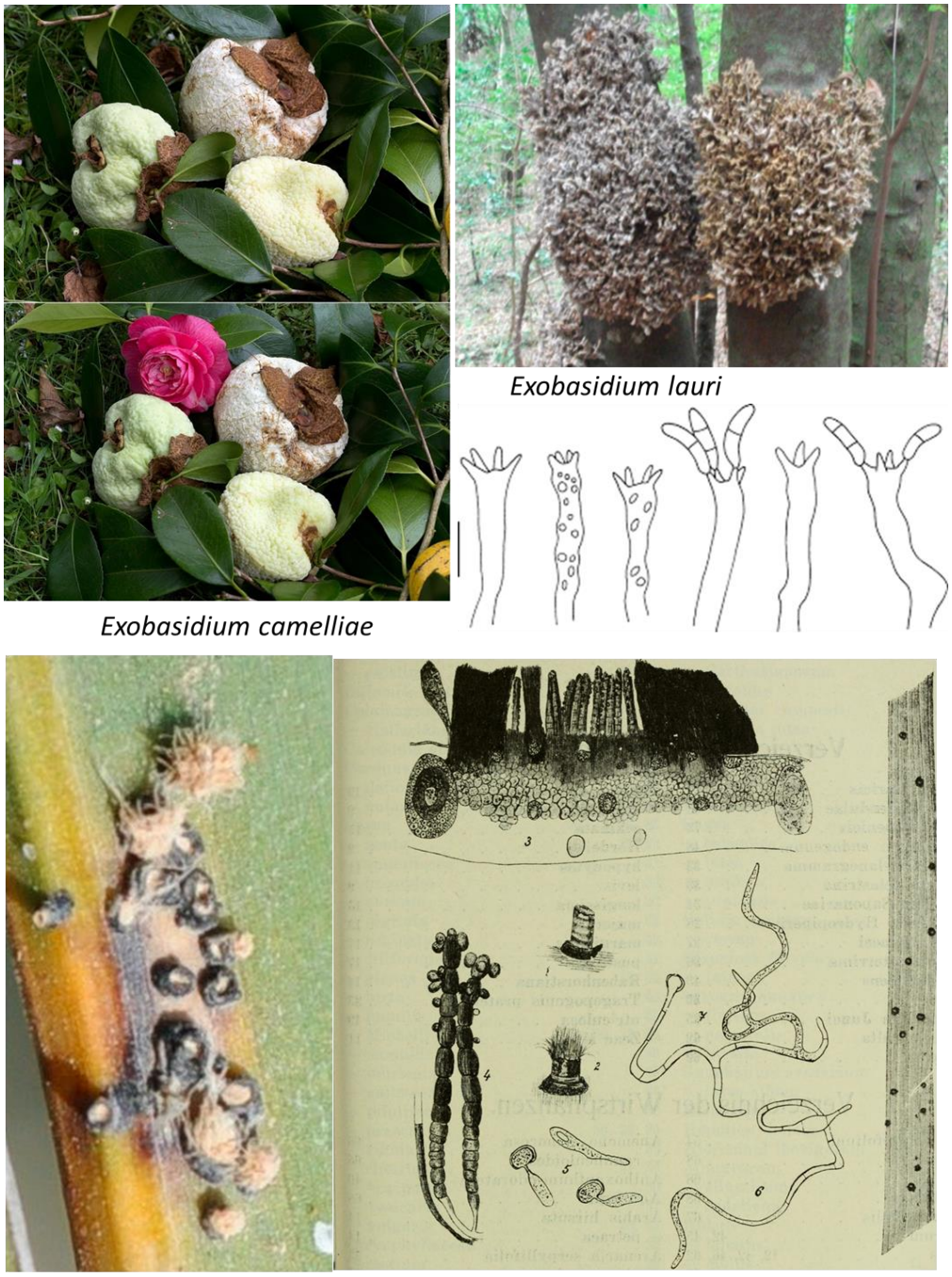


Figura 279 Síntomas y estructuras morfológicas de *Exobasidium spp*. y *Graphiola spp*. Tomado de: www.centrodeestudiosmicologicosasturianos.org

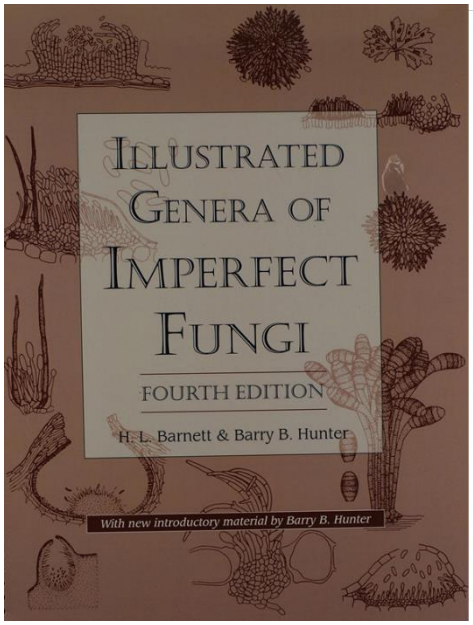
13 DIVISIÓN DEUTEROMYCOTA

En el desarrollo de la micología, la división Deuteromycota y todos sus taxones fueron creados artificialmente para agrupar a los hongos con micelio septado que se reproducen asexualmente. Se estima que incluye de 15 a 30 mil especies y la mayoría corresponde a la fase asexual de hongos agrupados en los Mucoromycotas, Ascomycotas y Basidiomycotas. Son saprófitos y parásitos facultativos que se reproducen asexualmente por medio de conídias. Cada conídia al germinar forma una hifa tabicada monocariotica y ramificada, sobre ellas se forman los conidióforos que a su vez dan origen a la formación de abundantes conídias que constituyen sus unidades propagativas. Las conídias pueden formarse libremente sobre el conidióforo o estar dentro de cuerpos fructíferos como las picnidias y acérvulos, en otros casos los conidióforos se agrupan en estructuras denominados esporodoquios o sinemas.

El sistema de clasificación taxonómica establecidos por el Código Internacional de Nomenclatura de algas, hongos y plantas (www.iapt-taxon.org/nomen /main.php), que es la institución reconocida y autorizada en normas de clasificación, ha normado que la taxonomía de los hongos pleomórficos (dos formas estructurales de un hongo durante su ciclo de vida) debe describirse solo en su estado telemórfico o fase sexual y en ella debe mencionarse el género y la especie que corresponde en su fase asexual; de acuerdo, a esta norma todos aquellos hongos pleomórficos solo deben ser descritos en los taxones donde corresponde su fase sexual. Si aplicamos esta norma la división Deuteromycota y sus respectivos taxones prácticamente desaparecerían por la falta de géneros que los integre. Además, las investigaciones exhaustivas, con la ayuda de la biología molecular han determinado que la gran mayoría de los géneros descritos como Deuteromycotas en realidad corresponden al estado asexual de los Ascomycotas y Basidiomycotas.

Muchas de las enfermedades de las plantas de mayor impacto económico en el trópico son producidas por hongos pertenecientes a los Deuteromycotas, de allí la importancia de su estudio para los fitopatólogos; aunque para los micólogos esta división no tiene importancia taxonómica.

En este texto los hongos holomórfos (telemórfos+anamórfos) han sido descritos en sus taxones donde corresponde su fase telemórfica; sin embargo, se mantendrá la descripción de las categorías taxonómicas de esta división por una razón netamente académica, por los fundamento siguientes: (i) los textos de identificación de hongos imperfectos empleados en los laboratorios de fitopatología están descritos utilizando las características taxonómicas de los deuteromycotas; por ejemplo la clave de identificación de Barnett y Hunter (Figura 280) y (ii) el mayor número de enfermedades causadas en cultivos tropicales corresponde a esta categoría taxonómica; en ese contexto se describen las características morfológicas de este grupo de hongos que no ha sido posible tratarlo en los grupos taxonómicos de su fase sexual.



PART II. TAXONOMY AND IDENTIFICATION	**6**
THE SACCARDO SYSTEM OF CLASSIFICATION	6
FAMILIES OF MONILIALES	7
KEY TO GENERA	8
MUCORALES	8
MONILIALES	9
HELICOSPORES	9
NOT HELICOSPORES	10
MONILIACEAE	10
DEMATIACEAE	17
TUBERCULARIACEAE	25
STILBACEAE	26
SPHAEROPSIDALES	28
MELANCONIALES	33
MYCELIA STERILIA	34
SIMPLIFIED KEY TO SOME SELECTED COMMON GENERA	35
THE HUGHES-TUBAKI-BARRON SYSTEM OF CLASSIFICATION	40

Figura 280 Categorías taxonómicas de los hongos imperfectos (Fase asexual), según Barnett & Hunter.

Características morfológicas:

Estructura vegetativa: hifa y micelio septado. A partir del micelio forman el conidióforo y la conídia (Figura 281).

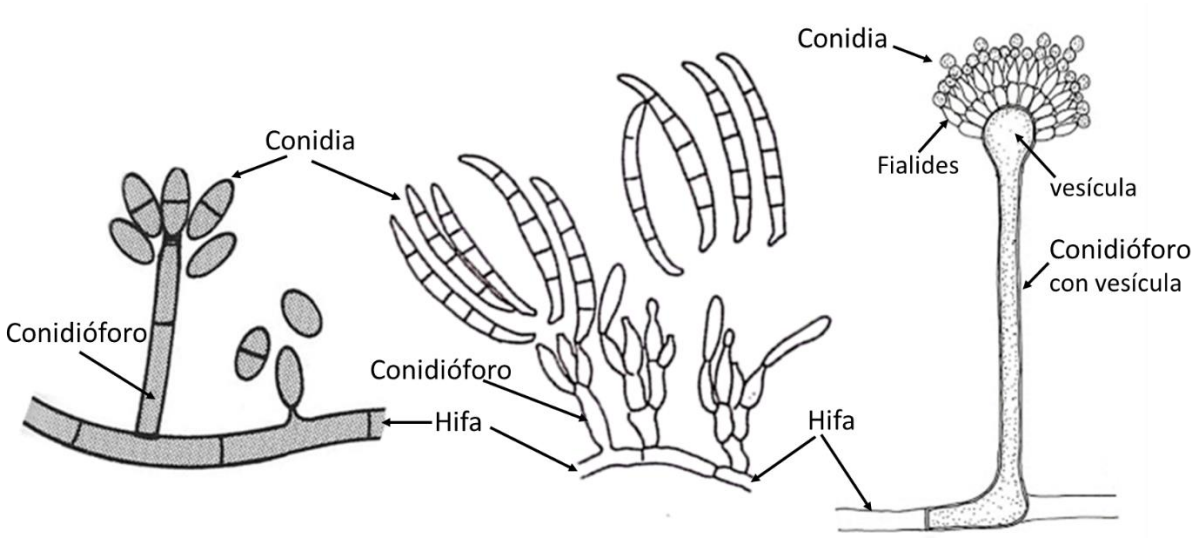


Figura 281 Formación de conidióforos y conídias a partir de hifas septadas.

Estructura de reproducción sexual: Están consideradas en las clases Mucoromycetes, Ascomycetes y Basidiomycetes

Estructura propagativa: constituida por las conídias, que se forman directamente en la hifa, por fragmentación micelial o brotamiento en la conidia (levaduras), pero el más típico es la formación de las conídias en estructuras especializadas denominadas conidióforos que son morfológicamente diferentes a la hifa (Figura 282). Presentan una amplia variabilidad en lo que respecta a su forma, color, tamaño, numero de células, manera de inserción en el conidióforo, etc. y pueden ser denominado:

Blastosporas: se producen por brotamiento.

Artrosporas: se forman en cadenas

Fialosporas: se forman en el extremo de fiálides

Porosporas: emergen por un poro del conidióforo.

Clamidosporas: tienen pared engrosada

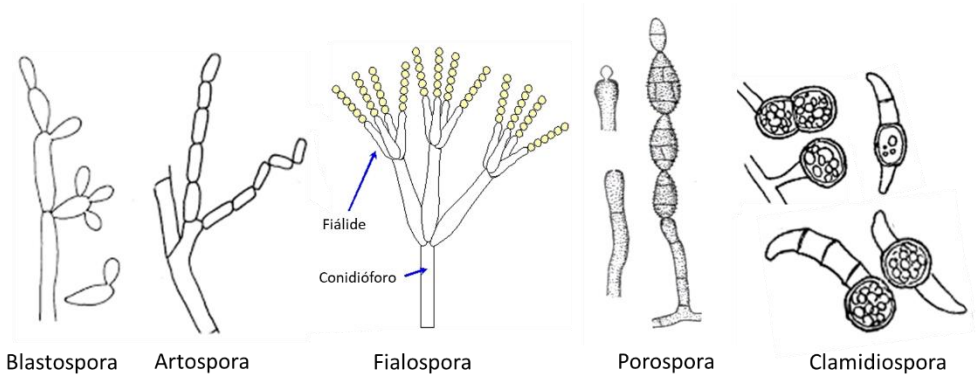


Figura 282. Variación del nombre de las conídias, según su formación a partir del conidióforo.

Las conídias pueden nacer sobre conidióforos libres, individuales o pueden formar fructificaciones complejas entre las que figuran:

Sinema o Coremio: los conidióforos están soldados por la base y libres en el ápice (Figura 283).

Figura 283. Sinema estructura típica de la familia Stillbaceae

Esporodoquio: fructificación en la cual los conidióforos emergen de un colchón de hifas o estroma constituido por seudoparenquima de células cortas (Figura 284).

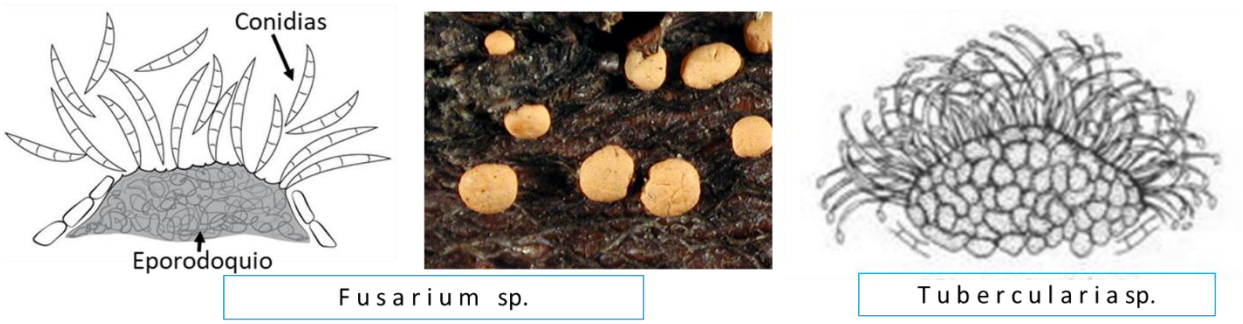


Figura 284. Esporodoquio, estructura es propio de la familia Tubercularíaceae. Se forman y emergen a través de las lenticelas de las ramas, tallos y frutos.

Acérvulo: tiene en forma de plato, emerge de un tejido más o menos estromático y contiene las conídias, que se forman en el extremo de conidióforos generalmente cortos. El estroma se sumerge en el tejido de la planta, cubiertas por el peridermis de la planta hospedante. Después de la maduración de las conídias, la epidermis se rompe y salen las conídias embebidas en una sustancia mucilaginosa. En la superficie del tejido de la planta son visibles gotas mucosas de color rosa, crema, naranja, blanco o negro dependiente del color de las conídias. En algunos géneros en su parte más externa forma unas estructuras a manera de cerdas que son las setas y son estériles (Figura 285).

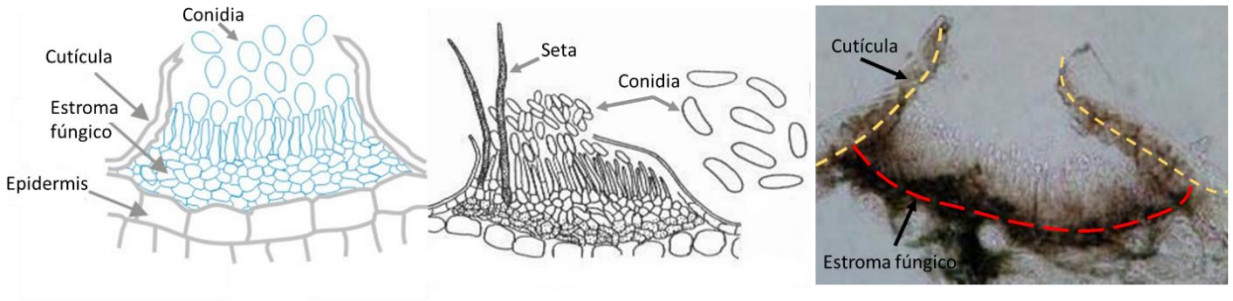


Figura 285. Acérvulo, es un cuerpo fructífero formado por estroma, conidióforos y conídias. Los acérvulos emergen del tejido de la planta rompiendo la cutícula.

Picnidias: son las estructuras más complejas. Tienen una forma esférica o en forma de jarra, rodeados por un denso peridio claro u oscuro con una abertura estrecha (ostiolo), que a menudo se alarga. Los conidióforos cortos o ramificados están dispuestos en una capa densa dentro de las picnidias. A veces, las picnidias se organizan en grupos, son blandos y duros, de color, claros u oscuros (Figura 286).

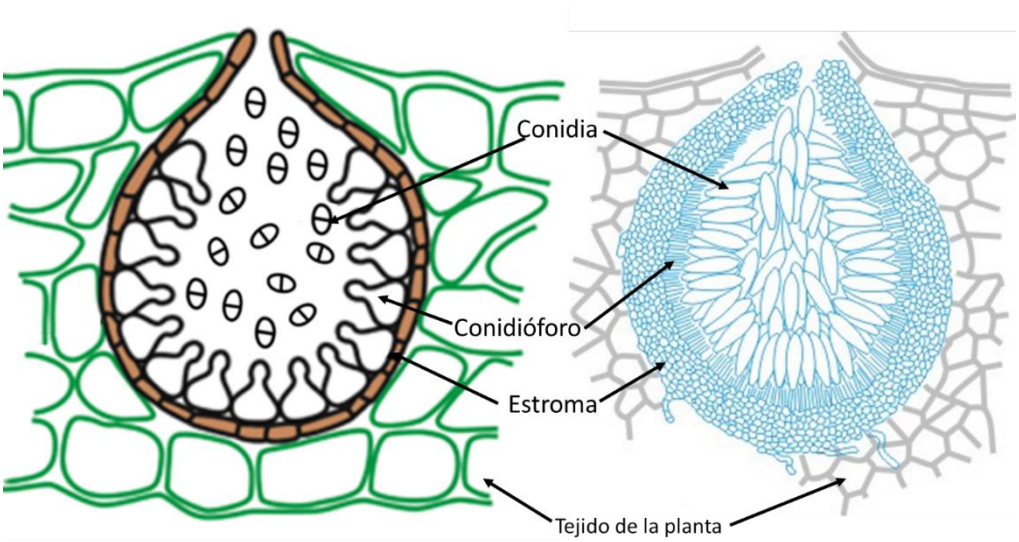


Figura 287. Picnidia muy parecida a un peritecio en los ascomycotas. Esta estructura es típica en el orden de los sphaeropsidales.

Las conídias de los deuteromycotas son muy diversos en forma: cilíndrica, esférica, ovalada, ovoide, elipsoidal, oblonga, en forma de pera, en forma de hoz, filiforme, curvada en espiral, en forma de estrella, etc. Su superficie es liso, áspero, espinoso, verrugoso, erizado.

Hay conídias uni, bicelulares o multicelulares separadas por una septa transversales, y a veces longitudinales, hialinas o de color. El sistema de clasificación más aceptado de hongos imperfectos es el de Saccardo (Figura 288).

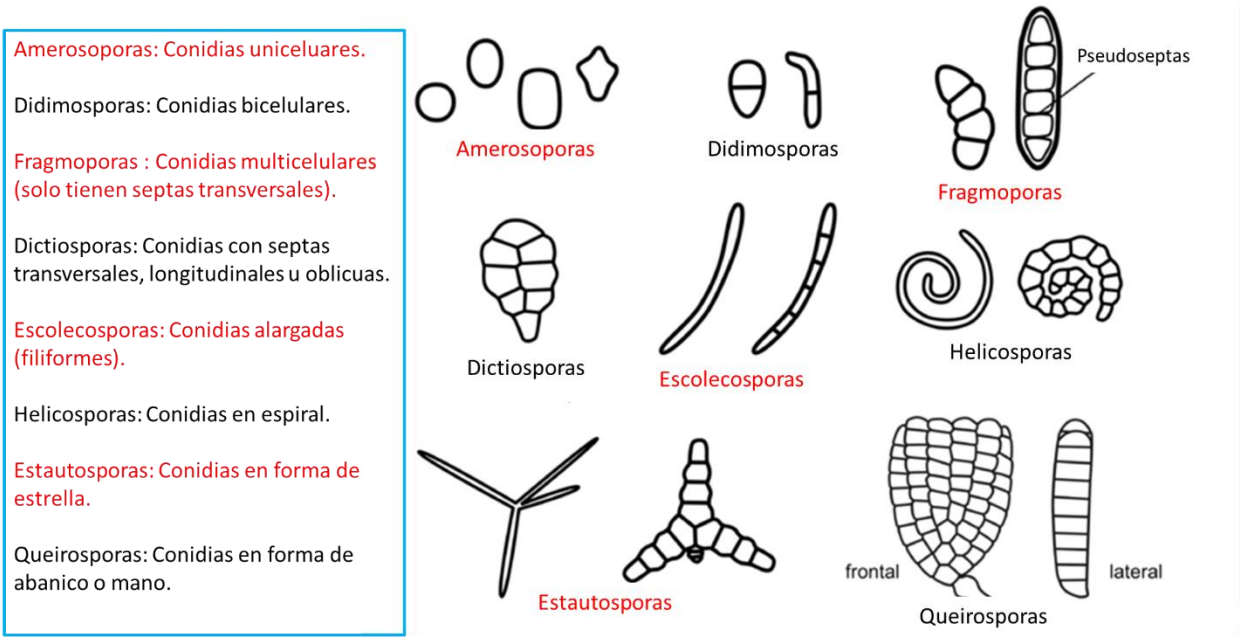


Figura 288. Morfología de conídias según el sistema Saccardo. Tomado y adaptado de: M. Peipenbring. CC BY-SA

Clasificación taxonómica:

El sistema de clasificación con fines de identificación de los hongos en su estado anamórfico o asexual que se sigue en este texto es el que figura en el *Ilustrated of Genera Imperfect Fungi* de H.L Barnet & B. Hunter. En la Figura 289, se presenta el cuadro sinóptico de las categorías taxonómicas de la división Deuteromycota.

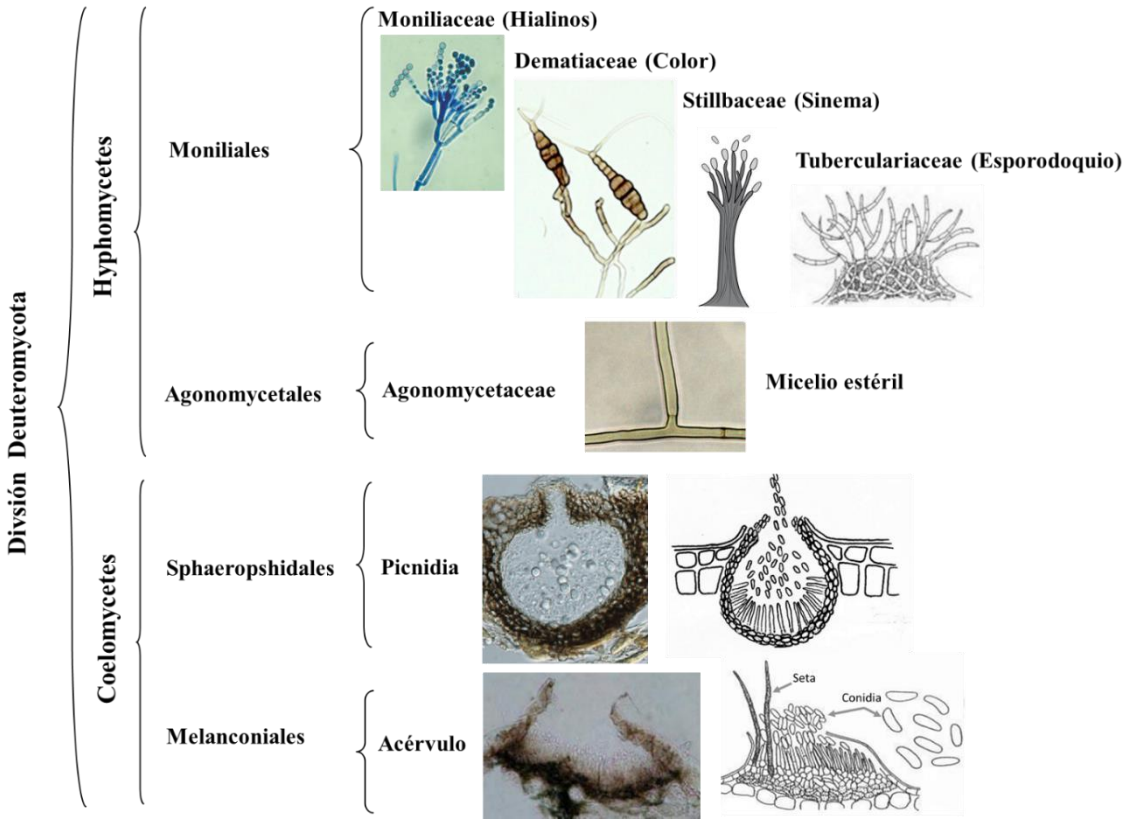


Figura 289. Clasificación taxonómica de la división Deuteromycota de acuerdo con Barnet & Hunter (1995).

13.1 Clase Hyphomycetes:

Se reconocen alrededor de 1 400 géneros que comprenden más de 11500 especies, que se desarrollan en los más variados sustratos naturales, que incluyen a especies parásitas y saprofitas; la participación de estas últimas como organismos descomponedores es fundamental en el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas.

Sus conidióforos y conídias se forman libremente sobre los sustratos en que se desarrollan (Figuras 281, 282 y 283). Algunos géneros han perdido la capacidad de producir conídias (micelio estéril) en consecuencia su principal forma de propagación es a través de fragmentación micelial y formación de esclerotes. Los Hyphomycetes tienen dos órdenes los Moniliales (su micelio produce conídias) y los Agonomyceteles (su micelio es estéril, no producen conídias).

13.1.1 Orden: Moniliales

Es el grupo de hongos imperfectos más numeroso de la división deuteromycota. Su micelio es abundante, con conidióforos libres o agrupados pero descubiertos (Figura 290). Presentan conidióforos y conídias hialinos o pigmentados. Las familias que los componen han sido categorizadas en función:

Color de sus conídias y conidióforos:

- Hialinos: sin color o su coloración visual va hasta el anaranjado. Moniliaceae
- Color marrón-oscuro, como producto de la alta acumulación de melanina en sus paredes celulares. Dematiaceae.

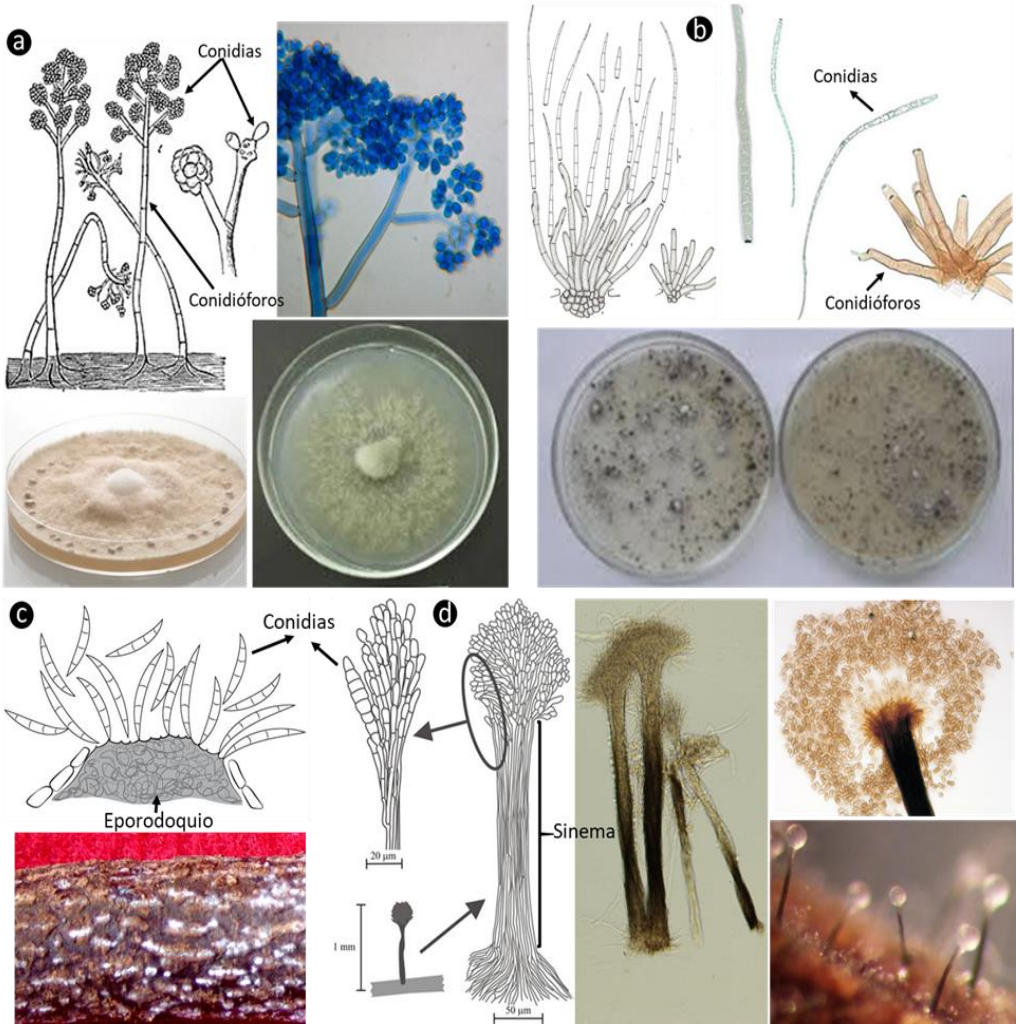


Figura 290. Características generales de las familias del orden Moniliales. Color de la conídia o conidióforo (a. Moniliaceae y b. Dematiaceae). Forma de sus conidióforos (c. Tubercularíaceae y d. Stillbaceae)

Agrupación de sus conidióforos:

- Conidióforos cortos agrupados en su base (esporodoquio): Tuberculariaceae
- Conidióforos largos agrupados en toda su extensión (Sinema): Stillbaceae

Familia Moniliaceae

En la mayoría de los géneros de esta familia sus estructuras como las hifas, conidióforos y conídias son incoloros (hialinos), no tienen pigmentación al no acumular melanina en su pared celular. Sin embargo, otros géneros pueden acumular cantidades menores de melanina que dan colores brillantes a la colonia fúngica que varía desde el verde hasta en el anaranjado; en observaciones individuales de sus estructuras al microscopio no es posible observar su pigmentación por lo que adquiere fácilmente el azul de metileno del medio de montaje (Figura 290-a).

A continuación, se presenta los géneros de mayor importancia fitopatológica con énfasis en cultivos tropicales.

Nombre de la enfermedad: Oidiosis

La oidiosis es una de las enfermedades ampliamente distribuidas en el mundo existen alrededor de 900 especies que afectan a plantas anuales y perennes. Los géneros más comunes son*: Oidium* spp. (Figura 291), *Oidiopsis* spp., *Blumeria* spp. y *Ovulariopsis* spp. cuyas fases sexuales (Ascomycotas) corresponden a los géneros: *Erysiphe, Spheroteca, Uncinula, Podosphaeria, Mycrosphaeria, Livellula, Phyllactinia, Astomella* y *Salmonia*; todos estos géneros causan la enfermedad conocida como “mildius” (ver página 72). Los agentes causales de la oidiosis y mildius (Figura 292), son parásitos obligados.

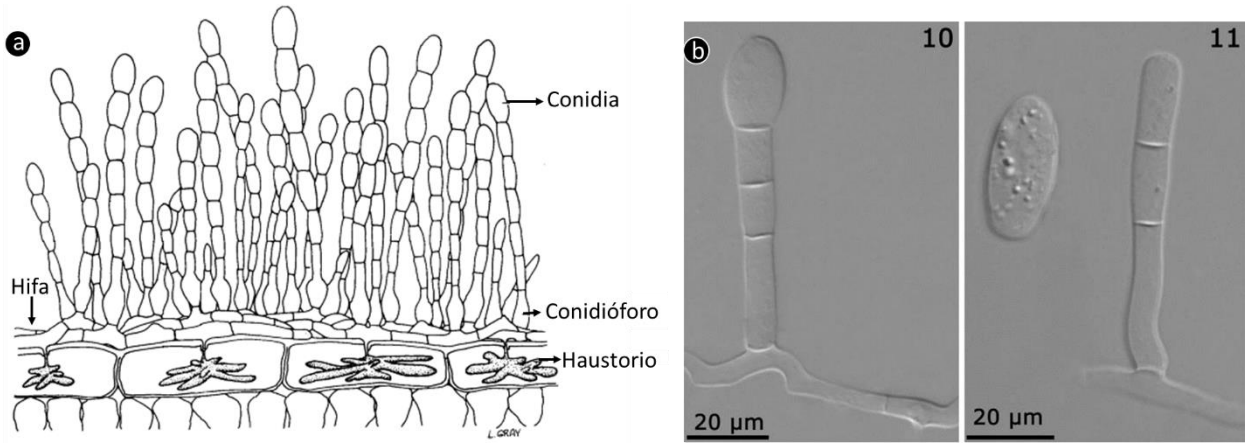


Figura 291. Características morfológicas de *Oidium* spp. agente causal de la oidiosis. Tomado y adaptado de https://www.padil.gov.au/pests-and-diseases/pest/main/136596.

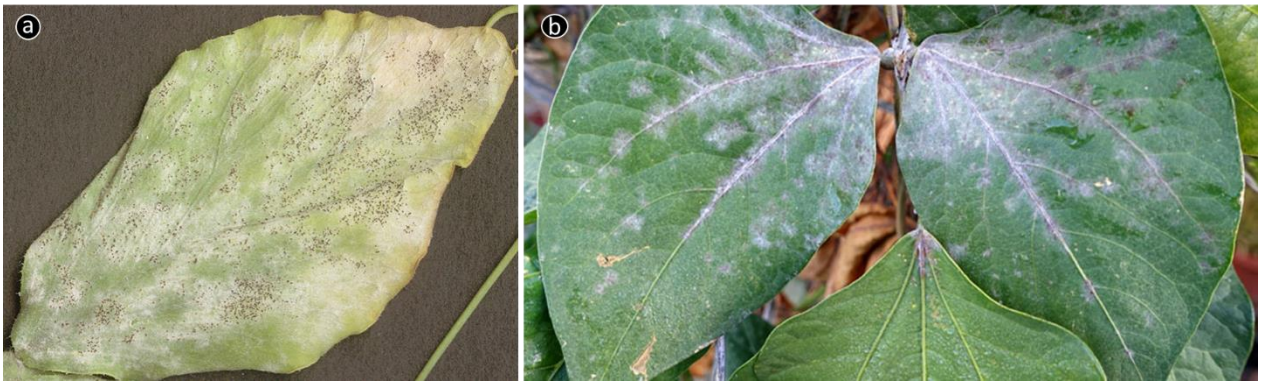


Figura 292. Estructuras de mildiu en el envés de la hoja (a), en cambio las estructuras de la oidiosis casi siempre se presentan en el envés de la hoja (b).

Síntomas generales causado por las Oidiosis:

Esta enfermedad es fácil de identificar por los signos (micelio, conidióforos y conídias) que se forman sobre los tejidos que parasitan.

El haz de las hojas jóvenes se cubre de una capa algodonosa de color cenizo o gris claro o blanquecino que inicialmente son pequeñas de forma redondeada y en fases más avanzadas cubren las hojas por completo. Los síntomas que se producen en las hojas son manchas cloróticas, encarrujamiento, enrollamiento, defoliación y finalmente puede causar la muerte del brote o rama.

Principalmente afecta a tejidos jóvenes como los brotes, flores y frutos. En la selva se presenta en mayor intensidad en los meses de menor precipitación (abril a agosto), debido que el exceso de agua líquida en las hojas causa la muerte de sus conídias. Para la germinación de sus conídias no necesitan de agua líquida en las hojas, penetran directamente por las estomas.

Las oidiosis por su ubicación en el tejido en la etapa de esporulación se clasifican en “oidiosis ectoparásitos” y “oidiosis endoparásitos”. La mayoría son ectoparásitos.

Principales enfermedades causadas por oidiosis

Sin Fase sexual conocida:

Oidium bixa	“Oidiosis del achiote"
Oidium mangiferae	"Oidiosis del mango"
Oidium caricae	"Oidiosis del papayo"
Oidium manihotis	"Oidiosis de la yuca"

Con Fase sexual conocida

Estas oidiosis han sido tratadas en la fase ascógena en la família Erysiphaceae (ver páginas 72 y 73).

Oidium ambrosiae (F. sexual *Erysiphe cichoracearum*) “Oidiosis de las Cucurbiteceas”

Oidium balsamii (F. sexual: *Erysiphe polygoni*) “Oidiosis del frijol”

Ovulariosis gossypii (F. sexual: *Salmonia malachrae*) “Oidiosis haz de la hoja algodón”

Oidiopsis gossypii (F. sexual: *Leveillula taurica*) ““Oidiosis envés de la hoja algodón”

Oidium tuckeri (Fase sexual: *Uncinula necator*) “Oidiosis de la uva”

Oidium leucoconium (F. sexual: *Sphaerotheca pannosa*) “Oidiosis del melocotón y del rosal”

Oidium farinosum (F. sexual: *Podosphaera leucotricha*) “Odidiosis de la manzana, peral y membrillo”

Oidium sp. (F. sexual: *Blumeria graminis*). “Oidiosis en cereales y pastos”

Nombre de la enfermedad: Oidiosis del achiote

Agente causal: *Oidium bixa* Viegas
Su fase sexual no está reportada.

Tejidos que infecta: Brotes, flores y capsulas.

Síntomas:

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Oidium bixa*

F. sexual: *No reportado*

La enfermedad se reconoce por el crecimiento blanco de aspecto polvoriento sobre las hojas, las inflorescencias y los pelos de las capsulas tiernas. Como la enfermedad afecta los brotes, la planta tiende a emitir nuevos brotes, debilitándose y afectando la producción de capsulas. Cuando el hongo afecta los brotes florales, hay caída de flores (Figura 293). En ataques severos se observa el enrollamiento y caída de las hojas. Las capsulas se secan y permanecen en la planta.

La oidiosis, es considerada la enfermedad más importante del Achiote (*Bixa orellana* L.) en todas las regiones donde se cultiva. El valle del VRAEM es la zona de mayor cultivo, sin embargo, por los bajos precios del grano la mayoría están en estado de semi abandono. En el Alto Huallaga es casi inexistente su cultivo.

Figura 293. Síntomas de la de la oidiosis del achiote por *Oidium bixae*, no se ha reportado su fase sexual.

Nombre de la enfermedad: Oidiosis del Mango

Agente causal: *Oidium manguiferae* Berthet.

Su fase sexual no está reportada.

Tejidos que infecta: Brotes, flores y capsulas.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Oidium manguiferae*

F. asexual: No reportado

Síntomas: la primera manifestación de la enfermedad es la aparición de manchas blanquecinas de aspecto pulverulento sobre las hojas, inflorescencias y frutos (Figura 294). La época de floración es la más susceptible a la infección.

Figura 294. Síntomas de *Oidium manguiferae* en hojas e inflorescencias de mango

Nombre de la enfermedad: Oidiosis de la papaya

Agente causal: *Oidium caricae F.Noack.*

Su fase sexual no está reportada.

Síntomas: como en todos los casos de oidiosis, aparecen manchas blanquecinas de aspecto pulverulento sobre las hojas, inflorescencias y frutos (Figura 295). No es una enfermedad relevante.

Clasificación:
División: Deuteromycota
Clase: Hyphomycetes
Orden: Moniliales
Familia: Moniliaceae
Género: *Oidium caricae*
F. asexual: No reportado

Figura 295. Síntomas de *Oidium caricae* en hojas y frutos de papaya

Nombre de la enfermedad: "Pudrición morena" o "moniliosis" del melocotonero.

Agente causal: *Monilia fructicola* Pers. Su fase sexual se encuentra en *Monilinia fructigena*

Tejidos que infecta: flores, hojas, ramas y frutos.

Síntomas: Ver página 75.

Clasificación:
División: Deuteromycota
Clase: Hyphomycetes
Orden: Moniliales
Familia: Moniliaceae
Género: *Monilia fructicola*
F. sexual: *Monilinia fructigena*

Uno de los eventos en el desarrollo identificación de la moniliasis del cacao desde su primer reporte epidémico en 1917 por J.B. Rorer en Ecuador fue identificado como una especie de *Monilia* sp. por sus características microscópicas y apariencia en su esporulación sobre los infectados (Figura 296). El nombre de la especie fue puesto en honor a su descubridor J.B Rorer; quedando citado como *Monilia roreri.* Esta denominación se mantuvo hasta 1967, en que el Micólogo H.C. Evans lo renombro a *Moniliophthora roreri*. Entre las razones que justificaron ese cambio fue:

a. Posición de la conídia joven: en el género Monilia que afecta al melocotón se produce en la parte terminal de la cadena de conídias (acropetalo); mientras que en el género *Monilia* que afecta al cacao se encuentra en la base (basipetalo). (Figura 296)

b. Tipo de septa en las hifas: la septa en el género *Monilia* que afecta al melocotón en

su fase sexual es simple y característico de los ascomycotas; en cambio el agente causal en cacao posee septa tipo doliporo (Figura 08), que es una característica exclusiva de los basidiomycota. Estas diferencias sustanciales entre el género Monilia que afectan a melocotón y a cacao permitieron renombrar de *Monilia roreri* a *Moniliophthora roreri*.

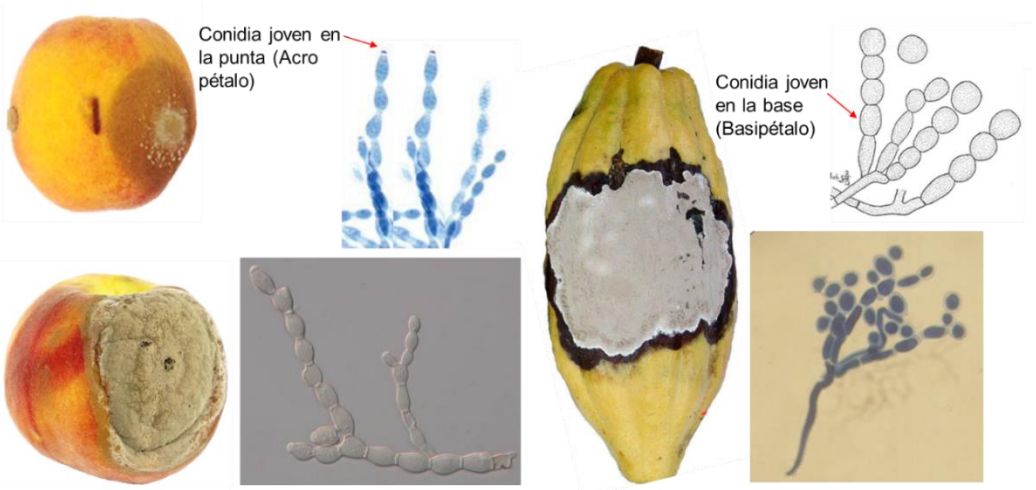


Figura 296. síntomas y signos causados por *Monilia fructicola* en frutos de melocotón y *Moniliophthora roreri* en cacao.

Nombre de la enfermedad: Moniliasis del cacao

Agente causal: *Moniliophthora roreri*

Tejidos que infecta: solo frutos.

Síntomas. Ver página 198.
En la Figura 297, se muestra las características morfológicas de *M. roreri* tanto en microscopia electrónica como óptica.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Moniliophthora roreri*

F. sexual: *Moniliophthora perniciosa*

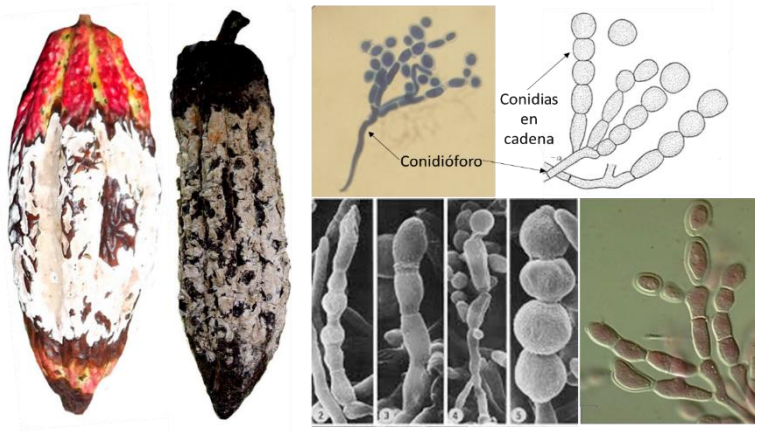


Figura 297. Síntomas y estructuras microscópicas de *Moniliophtora roreri* en frutos de cacao.

Las micrografías superior e inferior izquierdo fueron obtenidos de: Diseases Cocoa (Harry C. Evans, 2016). inferior derecho tomado de: http://www.mycobank.org/mb/317823

Nombre de la enfermedad: “Marchitez vascular” en algodón, palto, sandia y otros.

Agente causal: *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold.

Tejidos que infecta: haces vasculares

Síntomas:

En algodón: como toda enfermedad vascular los primeros síntomas visibles de la enfermedad es clorosis y marchitez en las hojas sobre todo en plantas en estado de floración o más desarrolladas, afectan su tasa de crecimiento, caída de hojas; asimismo, las cápsulas o bellotas recién formadas se secan y quedan fuertemente adheridas a la planta. El ataque sobre plántulas y plantas jóvenes es poco frecuente.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Verticillium albo-atrum*

F. asexual: No reportado

En palto no está reportada para el Perú, el primer síntoma descrito es un amarillamiento foliar y pronto se manifiesta la marchitez y muerte de la planta. Al realizar un corte transversal o longitudinal de la raíz, tallos o ramas se observa en el tejido xilemático estrías necróticas de color café claro a café oscuro según sea el grado de ataque; también se presenta necrosis del floema. Los síntomas se manifiestan más en la floración y fructificación, de tal manera que los frutos quedan adheridos a las ramas y lo mismo pasa con las hojas (Figura 298).

Su fase sexual se encuentra en algún genero de la familia Plectosphaerellaceae, orden Glomerellales de la división Ascomycota.

Figura 298. Síntomas de marchitez vascular en palto causados por *Verticillum albo-atrum.*

Nombre de la enfermedad: "Podredumbre gris", "Moho negro" – varios cultivos.

Agente causal: *Botrytis cinérea* Pers.:Fr.

Su fase sexual se encuentra en *Botrytinia fluckeliana*

Tejidos que infecta: hojas, flores y frutos

Síntomas: ver página 79.

En la Figura 299, las estructuras morfológicas de Botrytis, observa la forma característica de ramificación de los conidióforos y la producción de conídias.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Botrytis cinnerea*

F. asexual: *Botrytinia fluckeliana*

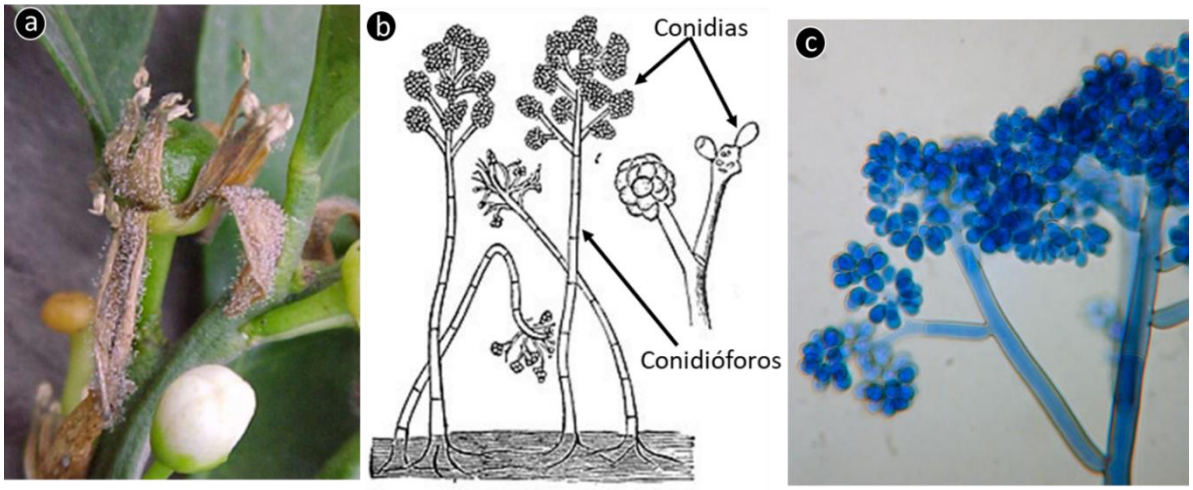


Figura 299. Síntomas y signos causados por *Botrytis cinerea* en cítricos Conidióforos y conídias de *B. cinerea* (b) y (c). Tomado de: http://fungi.myspecies.info/file-colorboxed/432 (b y c).

Nombre de la enfermedad: "Falso carbón" en arroz,

Agente causal: *Ustilaginoidea virens* (Cooke) Takah.

Su fase sexual se encuentra en *Villosiclava virens*.

Tejidos que infecta: granos en floración

Síntomas: Ver página 113.

En la Figura 300, se muestra las estructuras morfológicas de *U. virens* contenidas dentro de un grano de arroz hipertrofiado.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: Villosiclava virens (Syn. Claviceps virens).

F. asexual: *Ustilaginoidea virens*

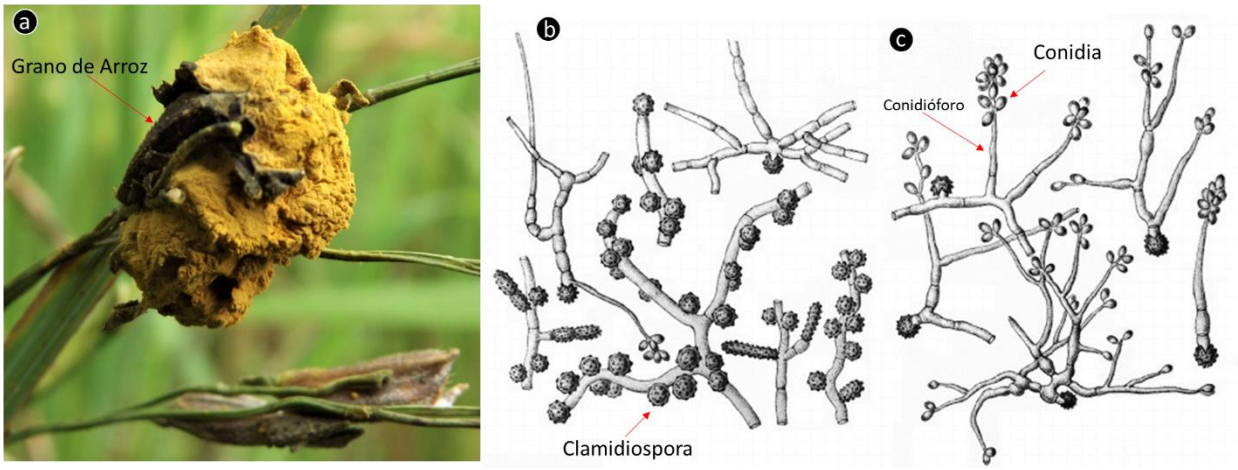


Figura 300. Síntomas y signo causado por *Ustilaginoidea virens* en granos de arroz (a). Hifas formando clamidosporas contenidas dentro del grano hipertrofiado (b). Clamidosporas germinadas que forman hifas, conidióforos y conídias (c).

Nombre de la enfermedad: "Moho" de los cítricos.

Agente causal:

"Moho azul" causado por *Penicillium italicum*

"Moho verde" causado por *Penicillium digitatum*

Síntomas:

Causan pudrición en los frutos (Ver pág. 129).

En la Figura 301,se muestra la morfología de *Penicillium sp*

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Penecillium italicum*, *Penecillium digitatum*

F. sexual: *Talaromyces* sp. / *Carpenteles* sp

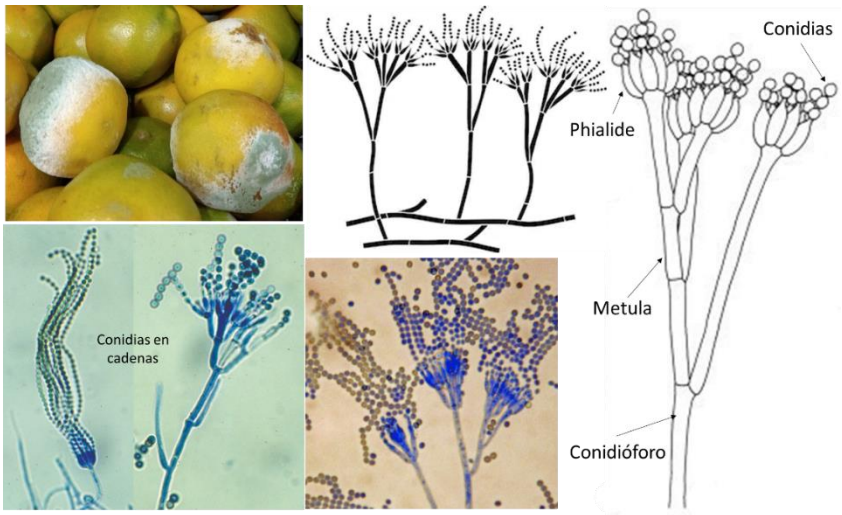


Figura 301. Forma y partes de los conidióforos y disposición de las conídias en cadenas de *Penicillium* spp. Tomado de: https://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/hyphomycetes/penicillium/.

Nombre de la enfermedad: Mohos – granos, frutos y alimentos almacenados

Agente causal:

Aspergillus ochraceus Wilhelm.

Aspergillus carbonarius (Bainier) Thom

Aspergillus niger Tiegh.

Penicillium verrucosum Dierckx

Penicillium nordicum Dragoni & Cantoni ex C. Ramírez 1986.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Penicillium* / *Aspergillus*

F. sexual: *Eurotium* / *Talaromyces*

Síntomas: Ver página 67.

El daño más significativo de los mohos en alimentos es la producción de toxinas que causan en los humanos Genotóxica, carcinogénica, teratogénica, y neurotóxica (Ver pág. 66). En la Figura 302, se muestra las características morfológicas del género *Aspergillus sp.*

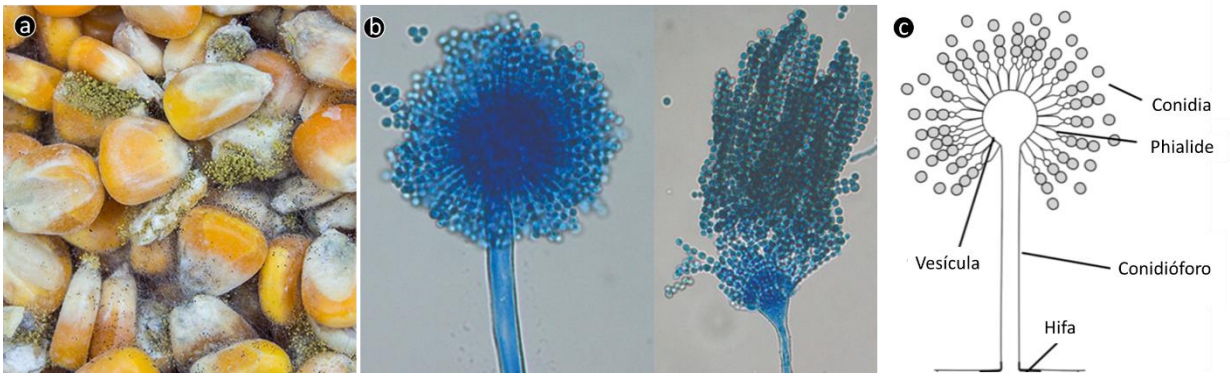


Figura 302. Mohos en granos de maíz causado por *Aspergillus* sp. (a). Vista microscópica de las estructuras de *Aspergillus* sp. (b y c).

Hongos Moniliaceae bicontroladores

Son hongos que tienen la capacidad inhibir el desarrollo o parasitarlos hasta causar la muerte a insectos, ácaros, nematodos y hongos patógenos.

Entomopatógenos

- *Beauveria bassiana*, predomina en selva alta y baja (Ver página 117)
- *Beauveria brogniartii* predomina en costa y sierra (Ver página 118)
- *Metarhizium anisopliae*. (Ver página 120)
- *Paecilomyces fumosoroseus* (Ver página 68).
- *Lecanicillium lecanii* (antes *Verticillium lecanii*).
- *Isaria fumosorosea* (antes *Paecilomyces fumosoroseus*).

Micoparasitos

- *Trichoderma viride, T. harzianum, T. aspellerum* (Ver página 95).
- *Lecanicillium lecanii* parasita las uredosposras de la roya amarilla del café (Ver página 121).
- *Gliocladium*

Parásitos de nematodos

- *Pochonia chlamidiospora* (Ver página 122)
- *Purpureocillium lilacinum* (Ver página 68)

Familia: Dematiaceae

Agrupa a hongos cuya coloración de la colonia va generalmente desde el gris oliva o negro. Sus conídias, conidióforos o hifas que son de color marrón a negro.

Género: Alternaria

Clasificación:
División: Deuteromycota
Clase: Hyphomycetes
Orden: Moniliales
Familia: Dematiaceae
Género: *Alternaria* spp.
F. sexual: *Lewia* sp.

Este género abarca cientos de especies, las parasitas causan el mayor número de manchas foliares conjuntamente con el género Cercospora (Ver página 157). En la Figura 303, se muestra las características morfológicas de *A. alternata* y *A. solani* y en la Figura 304, los síntomas producidos por varias especies en diversos cultivos.

Principales especies de Alternaria que causan enfermedades en cultivos

Alternaria solani "Tizón temprano" del tomate y papa (Ver página 166).

Alternaria solani “Alternariosis” de la cocona (Ver página 166).

Alternaria passiflorae “Alternariosis” en granadilla (Ver página 169).

Alternaria alternata pv.citri, raza limón rugoso "Ojo de pollo" cítricos (Ver página 169).

Alternaria alternata pv.citri, raza tangelo “Mancha marrón” en tangelos y tangerinas (Ver página 170).

Alternaria brassicae “Manchas foliares en brasicaceas.

Alternaria porri causa “Mancha purpura” en cebolla.

Alternaria longipis causa “tizón de la hoja” en palma aceitera

Alternaria tenuissima causa “Alternaria” en arándanos

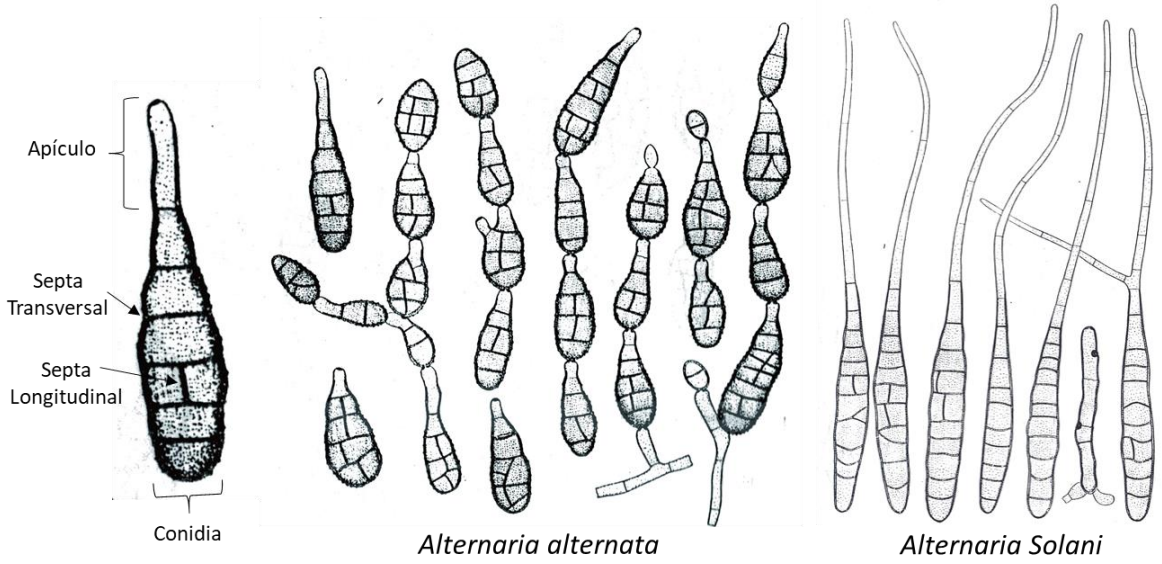


Figura 303. Características diferenciales en la forma de las conidias de *Alternaria alternata* y *A. solani*. Tomado de: M. B. Ellis (1971).

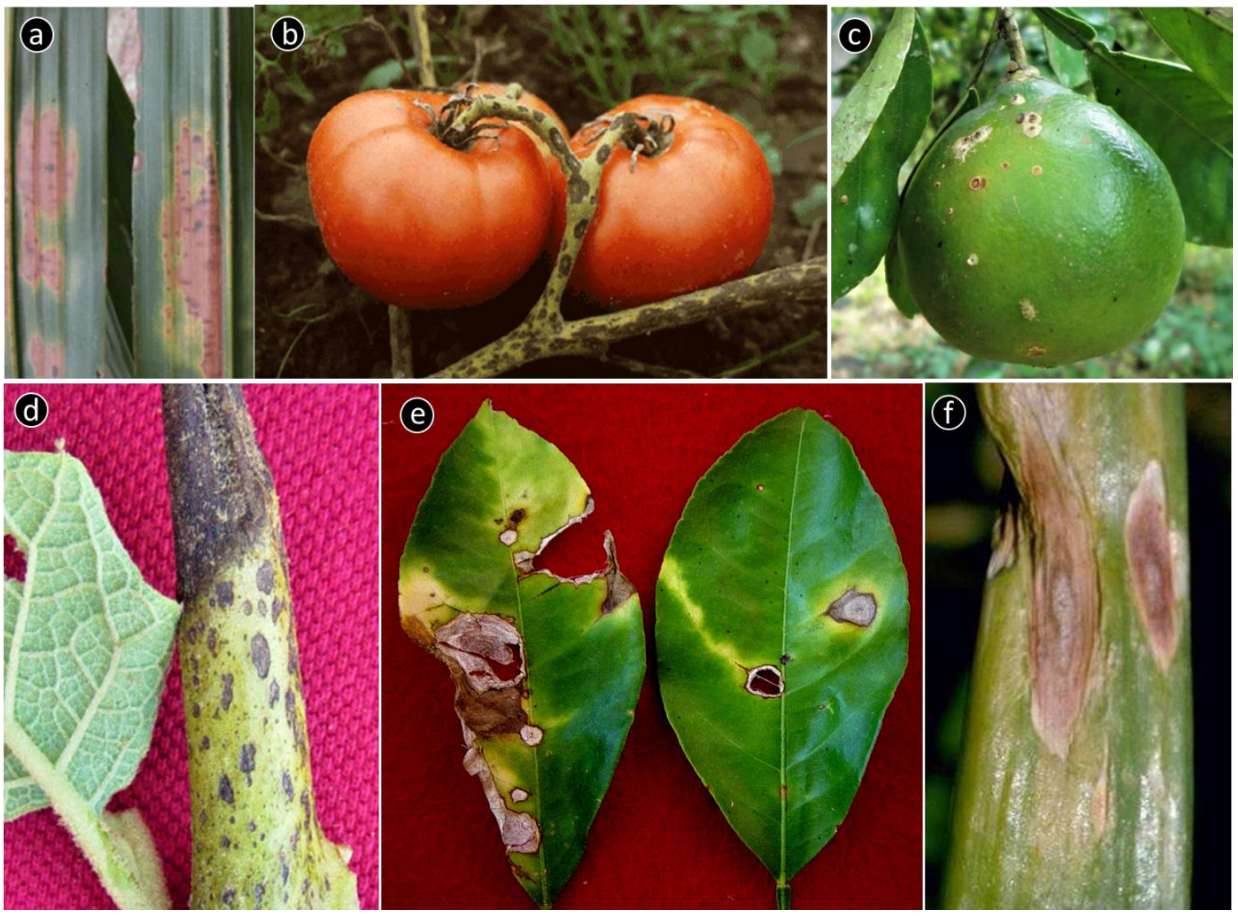


Figura 304. Síntomas causados por diferentes especies de Alternaria en diversos cultivos

Género: *Cercospora*

Este es otro género de los Dematiaceae que causan enfermedades en un amplio grupo de plantas de uso agrícola, se estima que hay más de 1 200 especies. Su fase sexual corresponde al género *Mycosphaerella* (Ascomycota). La mayoría de las especies de este género causan manchas foliares (Ver página 157).

En la Figura 305, se muestra la morfología y los diferentes síntomas en diversos cultivos.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Cercospora coffeicola*

F. sexual: *Mycosphaerella spp.*

Principales especies de *Cercospora* que causan enfermedades en cultivos

Cercospora coffeicola "Mancha de hierro" del café (Ver Figura 158)

Cercospora zeae-maydis "Cercosporiosis del maíz"

Cercospora arachidicola "Cercosporiosis del maní"

Cercospora henningsii "Mancha parda" de la yuca.

Cercospora oryzae "Cercosporiosis del arroz"

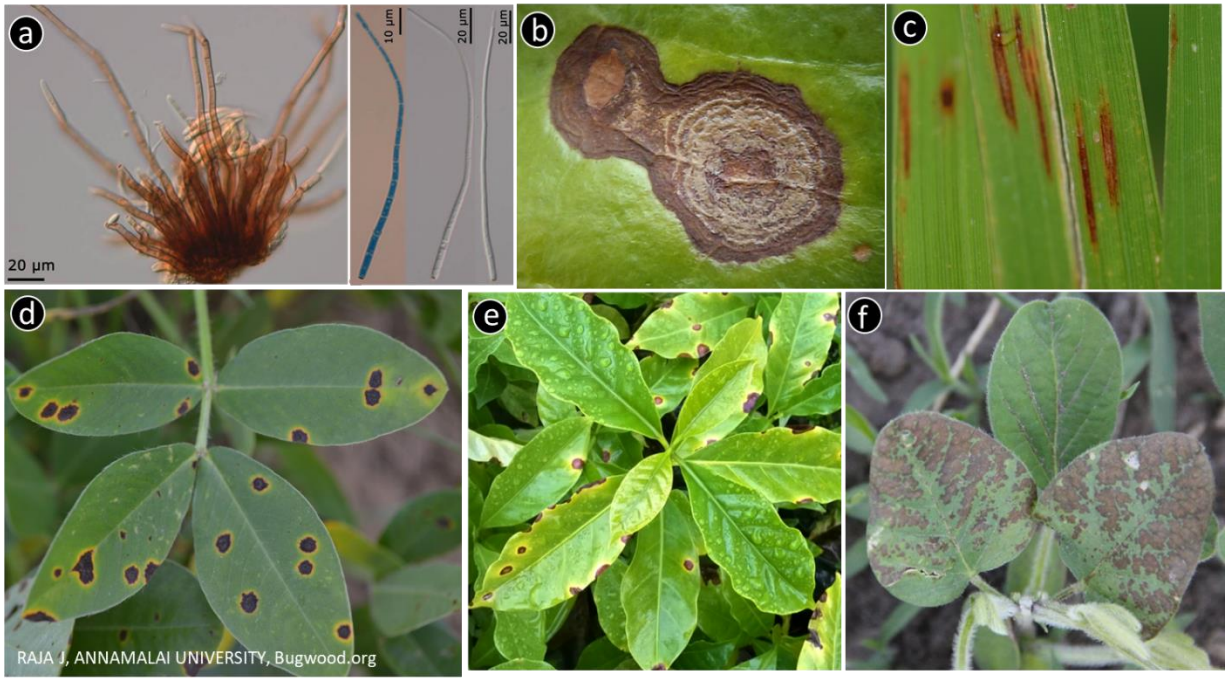


Figura 305. Estructuras morfológicas de *Cercospora*. Conidióforos y conidias (a). Síntomas causados por diferentes especies en café (b y e), Arroz (c), maní (d) y soya (f).

Nombre de la enfermedad: “Quemado o tumbado” del arroz

Agente causal: *Pyricularia grisea* Sacc.

Síntomas: Ver página 141.

En la Figura 306, se muestra las características morfológicas de *Pyricularia grisea*.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Pyricularia grisea*

F. sexual: *Magnaphorthe*

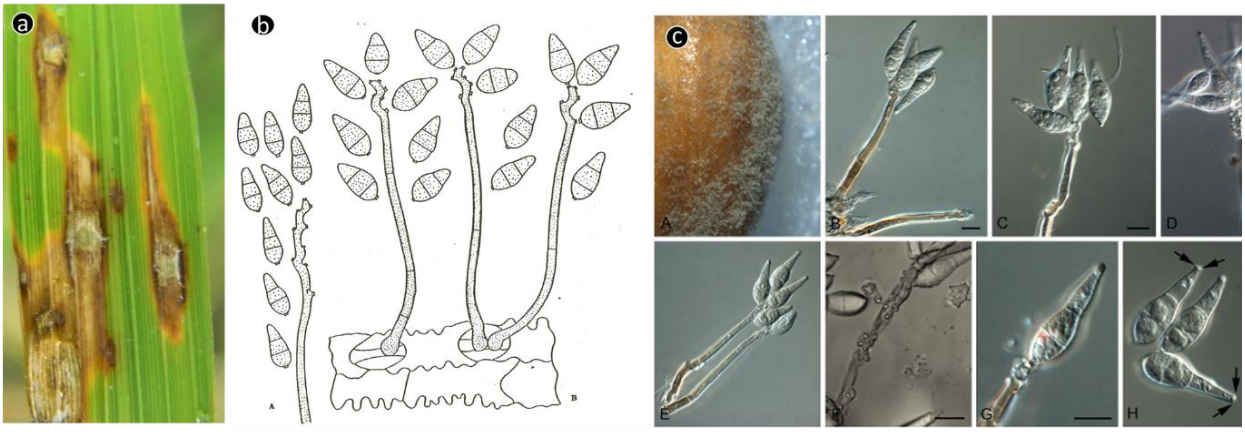


Figura 306. Síntomas de quemado del arroz (a). Conidias y conidióforos de *Pyricularia grisea* (b y c). Tomado de M.B Ellis, 1971 (a). Klaubauf et al., 2014 (c).

Nombre de la enfermedad: “Mancha carmelita” en arroz

Agente causal: *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker.

Fase sexual en *Cochliobolus miyabeanus* (Ito & Kuribayasi)

Tejidos que infecta: hojas, panícula y granos.

Síntomas: Ver página 172.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Bipolaris oryzae*

F. asexual: *Cochliobolus miyabeanus*

En la Figura 307, se muestra la similitud en las estructuras morfológicas de *Helminthosporium* y *Bipolaris* y ambos causantes de la mancha carmelita en arroz. La diferencia está en la germinación de la conídia; si solo ocurre en las células polares (Figura 306-d), se trata de *Bipolaris*

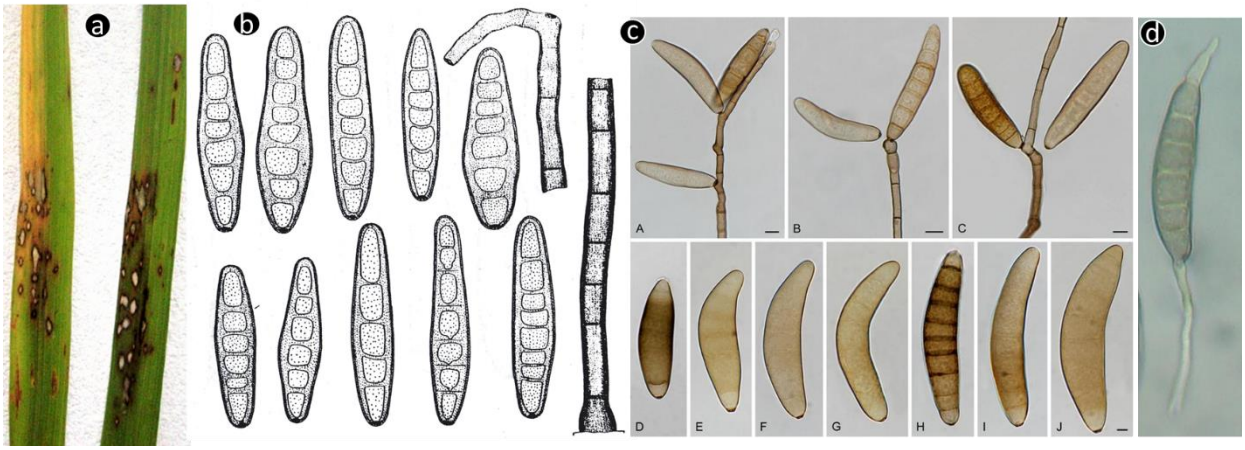


Figura 307. Mancha carmelita del arroz (a). Conidioforo y conidias de: *Helminthosporium sp*. (b) y *Bipolaris* en (c). Germinación de una conidia de *Bipolaris oryzae*, solo germina en las células polares (d). Tomado de: M.B Ellis, 1971 (b). Marin et al., 2017 (c y d).

Nombre de la enfermedad: "Fumagina " – varios cultivos

Agente causal: *Fumagospora capnodioides* G. Arnaud. *Fumago sp.*

Su fase sexual se encuentra en *Capnodium* sp.

Síntomas: Ver página 149.

En la Figura 308, se presenta la costra carbonosa la fumagina formado sobre la superficie de frutos u hojas. Su presencia esta acondicionado. a la colonización de los tejidos por insectos picadores chupadores.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Fumagospora / Fumago* sp.

F. sexual: *Capnodium* sp.

Figura 308. Aspecto de la fumagina en causado por *Fumago* sp. sobre frutos de cítricos, hojas de café. Su presencia depende de insectos picadores chupadores.

Nombre de la enfermedad: "Mancha de la hoja del plátano"

Agente causal: *Cordana musae* (Zimm) Hoehnel

Su fase sexual se encuentra en un género perteneciente en un Pezizomycotina de un Ascomycota; en consecuencia, la enfermedad se produce esencialmente en la fase asexual.

Tejidos que infecta: hojas

Síntomas: los síntomas son manchas ovales a trapezoidales grandes de 7 a 10 cm de longitud de color marrón pálido, rodeadas de un halo amarillo con zonas concéntricas (Figura 309), al unirse forman grandes áreas de tejido necrosado.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Cordana musae*

F. sexual: Pezizomycotina

Figura 309. Síntomas de mancha de la hoja en plátano causado por *Cordana musae* y su morfología. Tomado de M.B Ellis (1971).

Nombre de la enfermedad: "Viruela o peca peca del papayo"

Agente causal: *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.

Su fase sexual se encuentra en una especie del género *Mycosphaerella*. La fase asexual es la que causa el daño de impacto económico

Tejidos que infecta: hojas y frutos

Síntomas: Ver página 159.

En las hojas: se presenta como pequeñas manchas necróticas en las hojas más viejas, la esporulación se observa en el envés de las hojas (Figura 310).

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Asperisporium caricae*

F. asexual: *Mycosphaerella* sp.

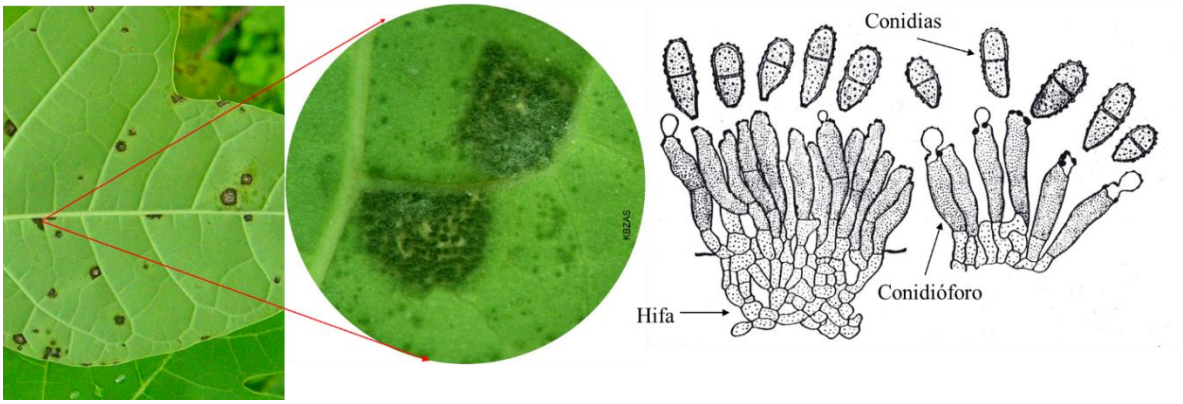


Figura 310. Síntomas de la peca peca o viruela en hojas de papaya causado por *Asperisporium caricae* y su morfología. Tomado de M. B. Ellis (1971).

Familia: Tuberculariaceae

Los conidióforos son cortos y emergen de una especie de colchón de células isodiamétricas que en conjunto se les denomina **esporodoquio**. El género de importancia fitopatológica de esta familia es *Fusarium*.

Género: Fusarium. Ver página 99.

El género Fusarium posee dos tipos de conidias: (i) microconidias son unicelulares a tricelulares y (ii) macroconidias son curvados con 4 a 7 células (Figura 311).

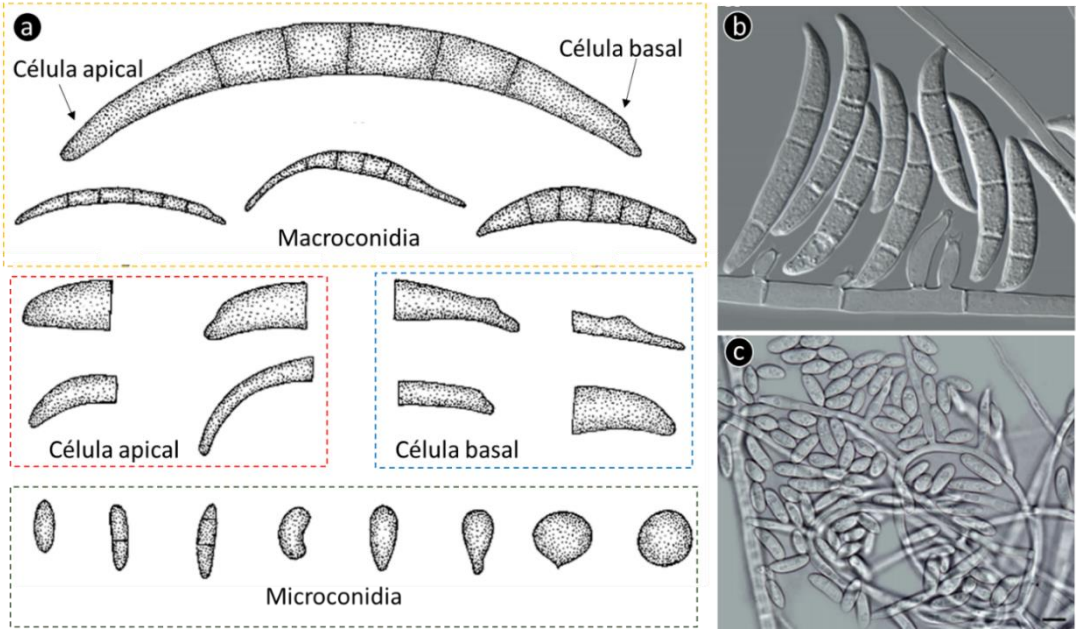


Figura 311. Macro y microconidias de *Fusarium sp*. Forma de célula apical y basal de las macroconidias (a) empleados en la identificación de especies. Vista microscópica de macro y microconidias (b y c). Tomado de: (a) Leslie and Summerell (2006). (b y c) Torbati et al. (2017).

Principales especies de Fusarium que causan enfermedades en cultivos

Nombre de la enfermedad: "Chupadera fungosa" en varios cultivos

Agente causal: *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

Su fase asexual corresponde a *Nectria haematococca*

Tejidos que infecta: semillas y cuello de plántulas

Síntomas: Ver página 101 y Figura 310.

Clasificación:
División: Deuteromycota
Clase: Hyphomycetes
Orden: Moniliales
Familia: Tuberculariaceae
Género: *Fusarium solani*
F. sexual: *Nectria* sp.

Clasificación:
División: Deuteromycota
Clase: Hyphomycetes
Orden: Moniliales
Familia: Tuberculariaceae
Género: *F. oxysporum f. sp. cubense*
F. sexual: *No reportado*

Nombre de la enfermedad: "Mal del Panamá" en plátano

Agente causal: *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* (Foc).

Su fase sexual no ha sido reportada, pero se cree que se encuentre el género *Nectria* o *Giberella sp*.

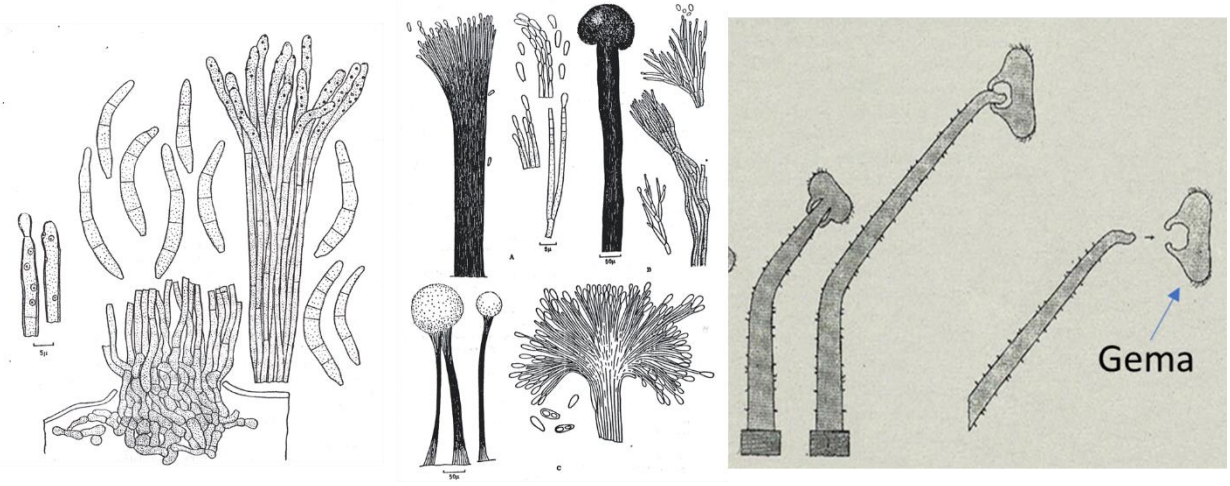
Tejidos que infecta: haces vasculares

Síntomas: Ver página 103 y Figura 310.

Figura 310. Síntomas de Chupadera en café causado por *F. solani* y síntomas estrias necróticas en los haces vasculares de plátano causado por *F. oxysporum*

Familia Stilbellaceae

Este se caracteriza porque forma sinema (los conidióforos están soldados en la base y libres en el ápice). Las conídias pueden ser hialinos o coloreados (Figura 312).



Isariopsis sp. Graphium sp. Decapitatus sp.

Figura 312. Formas de sinema en géneros pertenecientes a los Stillbaceae. Tomado de: (a y b) M.B. Ellis (1971) y (c) http://www7a.biglobe.ne.jp/~har-takah/page127.html.

Principales *stillbaceae* causantes de enfermedades

Isariopsis griseola "Mancha angular del frijol"

Isariopsis clavispora “Manchas foliares en vid”

Graphium sp. “Pudrición azul de la madera”

Decapitatus flavidus (Cooke) Redhead & Seifert “Ojo de gallo” en café.

Nombre de la enfermedad: “Pudrición de fruto” en cacao.

Agente causal: *Stilbella* sp. Su fase sexual ha sido determinada en *Nectria* sp.

Tejidos que infecta: frutos y ramas

Síntomas: es un patógeno que inicia infecciones secundarias a partir de frutos que han sufrido algún tipo de daño (mecánico, insectos u hongos) o en frutos con sobre madurez (Figura 313). En ramas invade a tejidos necrosado como por ejemplo escobas no removidas.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae

Género: *Stillbella* sp.

F. asexual: *Nectria* sp.

Figura 313. Síntomas y formación de sinemas de Stilbella sobre frutos de cacao.

Nombre de la enfermedad: “Ojo de gallo” en café.

Es una de las enfermedades importantes en café.

Agente causal: *Decapitatus flavidus* (Cooke) Redhead & Seifert. Su fase sexual se encuentra en M*ycena citricolor* (Berk. & Curtis) Sacc.

Tejidos que infecta: Hojas, frutos y brotes

Síntomas: Ver página 203 y Figura 314.

Clasificación:
División: Deuteromycota
Clase: Hyphomycetes
Orden: Moniliales
Familia: Stillbaceae
Género: *Decapitatus flavidus*
F. sexual: *Mycena citricolor*

Figura 314. Síntomas en hojas y cerezos de café causados por *Decapitatus flavus*

13.1.2 Orden: Agonomycetales

La característica principal de este orden es que no forman conidias y se multiplican por fragmentación micelial o por medio de esclerotes que varían de forma, color y tamaño. Por ejemplo, los esclerotes de *Rhizoctonia sp*. son achatados u ovoides y de color más oscuro (Figura 315) en cambio los esclerotes de *Sclerotium sp*. son esféricos de color marrón anaranjado (Figura 316),. Los esclerotes constituyen estructuras de conservación y permanecen en el suelo durante varios años.

Figura 315. *Rhizoctonia solani*. Hifas con ramificación de 90° (a). esclerotes e hifa sobre tubérculo de papa (b y c). Tomado de: https://www.goia.es/muestra/

Nombre de la enfermedad: "Chupadera fungosa" en varios cultivos.

Agente causal: *Rhizoctonia solani* Kuhn.

Su fase sexual se encuentra en géneros de *Pellicularia* y *Thanatephorus sp*.

Tejidos que infecta: semillas y cuello de plántulas en vivero

Síntomas: Ver página 227.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Agonomycetales

Familia: Agonomycetaceae

Género: *Rhizoctonia solani*

F. sexual: *Pellicularia* spp.

Nombre de la enfermedad: Chupadera y cancro en frijol

Agente causal: *Rhizoctonia solani* Kuhn.

Su fase sexual se encuentra en géneros de *Pellicularia* y *Thanatephorus* sp.

Tejidos que infecta: semillas, plántulas, raíces y cuello de planta

Síntomas: Ver página 228.

Nombre de la enfermedad: : “Añublo de la planta de arroz”/ “pudrición de la vaina y tallo”

Agente causal: *Rhizoctonia solani* Kuhn.; *Rhizoctonia oryzae* Ryker & Gooch. o *Rhizoctonia oryzae-sativae* (Sawada) Mordue.

Su fase sexual se encuentra en *Pellicularia* spp.

Síntomas: Ver página 229.

Nombre de la enfermedad: “Pudrición del cuello” en frijol, tomate, cocona, papa, maní,

Esta enfermedad es importante en su fase asexual.

Agente causal: *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) West.

Su fase sexual se encuentra en *Athelia rolfsii* (Curzi) C. C. Tu & Kimbr.

Tejidos que infecta: Tallo a nivel de cuello de planta

Síntomas: Ver página 209 y Figura 316.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Agonomycetales

Familia: Agonomycetaceae

Género: *Sclerotium rolfsii*

F. sexual: *Athelia rolfsii*

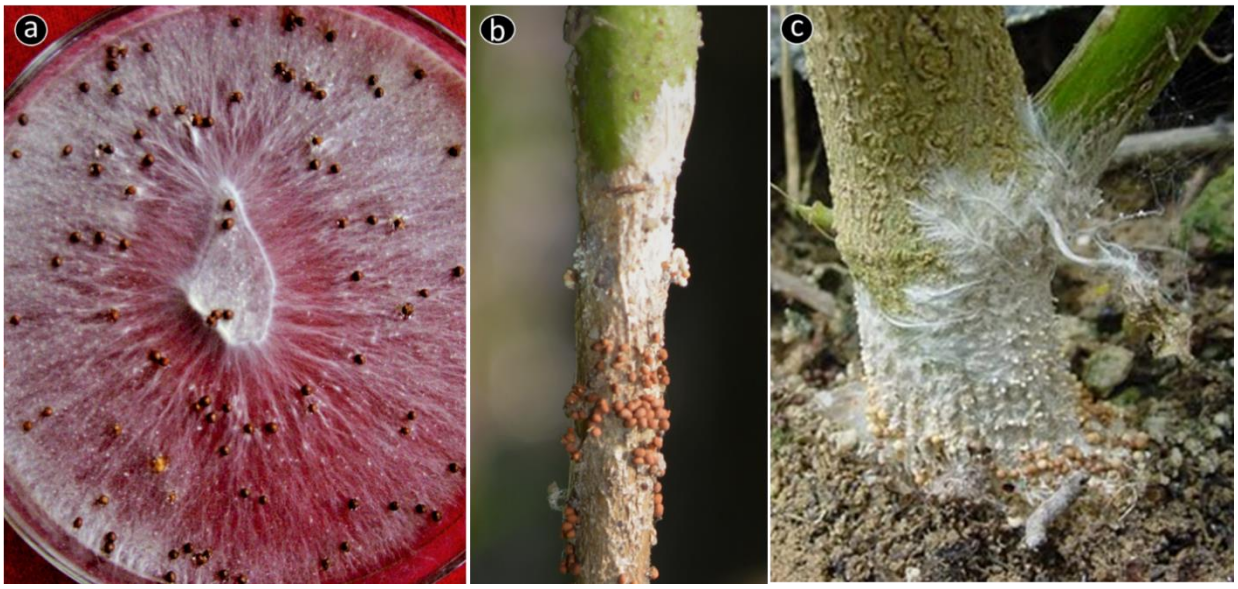


Figura 316. *Sclerotium rolfsii*. Hifas y esclerotes (a). Esclerotes y micelio en tallos de frijol y cocona (b y c).

Nombre de la enfermedad: “Pudrición blanca” en cebolla y ajos.

Agente causal: *Sclerotium cepivorum* Berk.

Su fase sexual en encuentra en .*Athelia rolfsii* o *Ceratobasidium* sp.

Tejidos que infecta: raíces, bulbo y tallos.

Síntomas: Ver página 212.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Orden: Agonomycetales

Familia: Agonomycetaceae

Género: *Sclerotium cepivorum*

F. sexual: *Athelia rolfsii*

13.2 Clase: Coelomycetes

Las conídias y conidióforos se forman dentro de una picnidia o acérvulo. Agrupa a dos órdenes: (i) Sphaeropsidales (picnidia) y (ii) Melanconiales (acérvulo).

13.2.1 Orden: Sphaeropsidales

Los conidióforos y conídias se encuentran dentro de un cuerpo fructífero en forma de botella que recibe el nombre de picnidia (Figura 316). Se divide en cuatro formas familias, siendo la Sphaeropsidaceae la más importante.

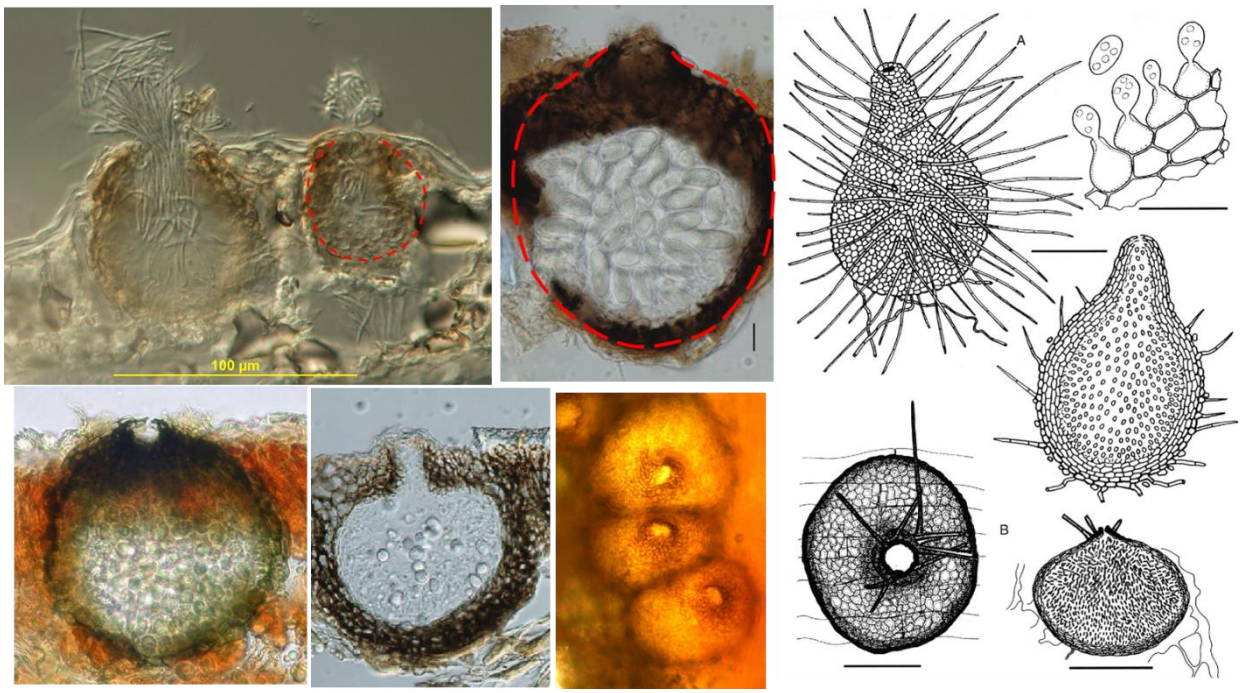
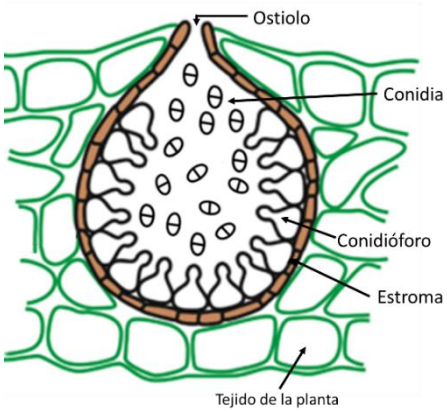


Figura 317. Diferentes formas de picnidias que han sido formados dentro del tejido o sobre su hospedante.

Familia Sphaeropsidaceae

Esta familia agrupa alrededor de 400 géneros. Las picnidias son de colores oscuros: marrón oscuro a negro, y de consistencia dura o coriácea, con ostiolo definido, conidióforos cortos y hialinos. Entre los géneros de importancia destacan *Lasiodiplodia (=Brotriodiplodia), Septoria, Phoma, Phyllosticta, Ascohyta, Diplodia* entre otros.



Principales enfermedades causadas por los Sphaeropsidaceae

Nombre de la enfermedad: " Cancro o pudrición carbonosa" - Cacao

Es un patógeno secundario que necesita de heridas o condiciones de alto estrés para penetrar a su hospedante.

Agente causal: *Lasiodiplodia theobromae* (Syn. *Botryodiplodia theobromae*)

Su fase asexual corresponde a *Botryosphaeria dothidea* (Moug: Fr.) Ces & De Not.

Síntomas: Ver página 176.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetcetes

Orden: Sphaeropsidales

Familia: Sphaeropsidaceae

Género: *Lasiodiplodia theobromae*

F. sexual: *Botryosphaeria dothidea*

Nombre de la enfermedad: "Septoriosis de los cítricos"

Agente causal: *Septoria citri* Pass**.**

Su fase asexual se encuentra en *Mycosphaerella* sp.

Tejidos que infecta: hojas y frutos

Síntomas: Ver página 160.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetcetes

Orden: Sphaeropsidales

Familia: Sphaeropsidaceae

Género: *Septoria citri*

F. sexual: *Mycosphaerella sp.*

Nombre de la enfermedad: “Muerte del brote”/ “muerte descendente” del café

Agente causal: *Phoma costarricenses Echandi*

Su fase sexual se encuentra en *Didymella* sp

Tejidos que infecta: Brotes y hojas

Síntomas: Ver página 138.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetcetes

Orden: Sphaeropsidales

Familia: Sphaeropsidaceae

Género: *Phoma costarricense*

F. sexual: *Didymella* sp

Nombre de la enfermedad: “Pudrición acuosa del fruto” en papaya

Agente causal: *Phomopsis cariacae-papayae*

Su fase sexual se encuentra en *Diaporthe* sp.

Tejidos que infecta: frutos.

Síntomas: Ver página 137.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetes

Orden: Sphaeropsidales

Familia: Sphaeropsidaceae

Género: *Phoma caricae-papayae*

F. sexual: *Diaporthe* ***sp.***

Otras enfermedades (Figura 318).

Phyllosticta sp. “Manchas foliares pijuayo

Septoria pisi "Septoriosis de la arveja"

Phomopsis mangiferae “Pudrición apical del mango” | *Septoria apii* "Septoriosis del apio” | *Diplodia maydis* "Pudrición mazorca del maíz” | *Ascochyta pisi* “Cancro en la arveja”

Figura 318. Síntomas de enfermedades causadas por géneros que producen picnidias en los tejidos que infectados.

13.2.2 Orden Melanconiales

Se caracteriza por que los conidióforos y conídias se encuentran en un cuerpo fructífero en forma de plato denominado "acérvulo". Las conídias están reunidas en una masa mucilaginosa y son liberadas en forma de gotitas de color blanco, crema, anaranjado o negro; el color depende de la pigmentación de la conídia. En algunos casos es posible observar al rededor o entre la masa de esporas unas estructuras largas, gruesas de color oscuro que reciben el nombre de SETAS. En general son parásitos de plantas y producen la enfermedad conocida como Antracnosis. Comprende una sola familia Melanconiaceae.

Familia: Melanconiaceae

En la Figura 319, se muestra las partes de un acérvulo; esta estructura siempre se produce inmerso entro del tejido de su hospedante (hoja, fruto, pedúnculo, ramilla, rama o tallo). No todos los géneros producen seta.

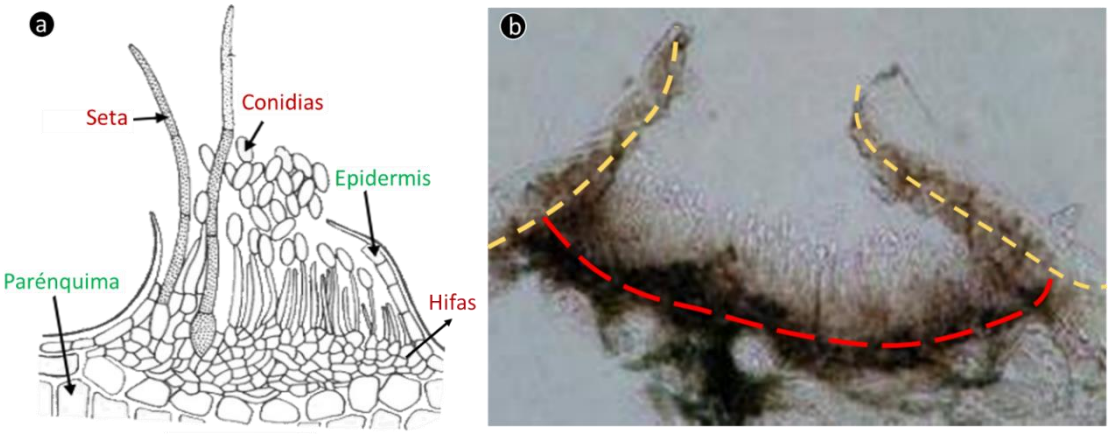


Figura 319. Partes estructurales de un acérvulo inmerso dentro del tejido de su hospedante (a).Vista microscópica de un acérvulo sin seta (b).

Principales enfermedades:

Colletotrichum gloeosporioides	“Antracnosis” - muchos cultivos. Ver página 126.
Colletothichum lindemuthianum	“Antracnosis de leguminosas”
Colletothichum graminicola	“Antracnosis de los cereales”
Colletothichum coffeanum	“Antracnosis de café”
Gloesporium gloeosporioides	“Antracnosis en varias especies”
Pestalotiopsis palmarum	“Mancha gris de las palmeras”
Gloesporium limetticola	“Muerte regresiva de los cítricos”
Cylindrosporium sp.	“Antracnosis en lúcumo”
Coryneum carpophilum	“Tiro de munición en frutales de hueso.

Nombre de la enfermedad: "Antracnosis" en papaya

Agente causal: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Fase sexual en *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld y H. Schrenk.

Tejidos que infecta: Hojas, frutos, tallos y ramas.

Síntomas: Ver página 132.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetes

Orden: Melanconiales

Familia: Melanconiaceae

Género: *Colletotrichum gloesporoides*

F. sexual: *Glomerella cingulata*

Nombre de la enfermedad: "Pestaloptiosis" en Palma aceitera

Agente causal: *Pestalotia palmarum* Cooke./ Pestalotiopsis palmarum (Cooke) Steyaert,

Su fase sexual se encuentra en Broomella o *Pestalosphaeria* sp.

Tejidos que infecta: hojas

Síntomas: Ver página 146.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetcetes

Orden: Melanconiales

Familia: Melanconiaceae

Género: *Pestalotia palmarum*

Pestalotiopsis palmarum

F. sexual: *Broomella* o

Pestalosphaeria sp.

Nombre de la enfermedad: "Marsonina" en camucamu

Agente causal: *Marssonina* sp

Su fase sexual se encuentra en *Diplocarpon /Depranopeziza.*

Tejidos que infecta: hojas, brotes y frutos

Síntomas: Ver página 82.

Clasificación:

División: Deuteromycota

Clase: Coelomycetcetes

Orden: Melanconiales

Familia: Melanconiaceae

Género: *Marsonina*

F. sexual: *Diplocarpon* sp.

Depranopeziza sp.

14 ENFERMEDADES CAUSADAS POR PSEUDOHONGOS

La clasificación taxonómica de los organismos vivos está sujeta a constantes cambios y se han incrementado en los últimos dos decenios como consecuencia de las aportaciones hechas por la biología molecular. Estos cambios constantes, van dejando desuso partes o el total de la clasificación realizada hasta ese momento y hacen que la lectura de textos o artículos con los últimos avances taxonómicos y filogenéticos sea para muchos confusas; por ejemplo el nombre de un taxon, género o su ubicación puede variar en "The Tree of Life" (Vargas & Zardoya, 2014), "The revised classification of Eukaryotes" (Adl et al., 2012), Catalogue of Life (https://www.catalogueoflife.org/col/browse/tree), "The Diccionary of Fungi" (Kirk et al. 2008), sistema de taxonomico de NCBI Lifemap (http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/?tid=681950) entre otros.

En la Figura 320 y 321, se presenta la clasificación de los Eucariotas propuesta de Adl et al. (2012) y es semejante a la taxonomía de Lifemap de NCBI (National Center for Biotechnology Information) que será empleado en el presente texto con la finalidad de ubicar la posición pesudohongos.

		SUPER GRUPO	EJEMPLOS	FITOPATOGENOS
EUCARYOTA	AMORPHEA	Ameobozooa	Tubulinea	
			Mycetozoa	
		Ophistokonta	Fungi	Hongos Verdaderos
			Choanomonada	
			Metazoa	
			Apusomonada	
			Breviada	
		Excavata	Metamonada	
			Malawinomas	
			Discoba	
	DIAPHORETICKES		Criptophyceae	
			Centrohelida	
			Telonemia	
			Haptophyta	
		SAR	Stramenopiles	Oomycetos
			Alveolata	
			Radiolaria	
			Rhizaria (Cercozoa)	*Plasmidiophora*
			Foramifera	
		Archaeplastida	Glaucophyta	
			Rhodophyceae	
			Chloroplastida	
	Inciertos (Incertae sedis)			

Figura 320. Posición de los Hongos y Pseudohongos en la clasificación de los Eucariotas según Adl et al. (2012). SAR= Stramenopiles, Alveolata y Rhizaria

Según la propuesta de Adl et al. (2012), los pseudohongos *Phytophthora palmivora* y *Plasmodiophora brasicae* tendrían la siguiente posición:

Phytophthora palmivora: Diaphoretickes →SAR →Stramenopiles

Plasmodiophora brasicae: Diaphoretickes →SAR → Rhizaria / Cercozoa

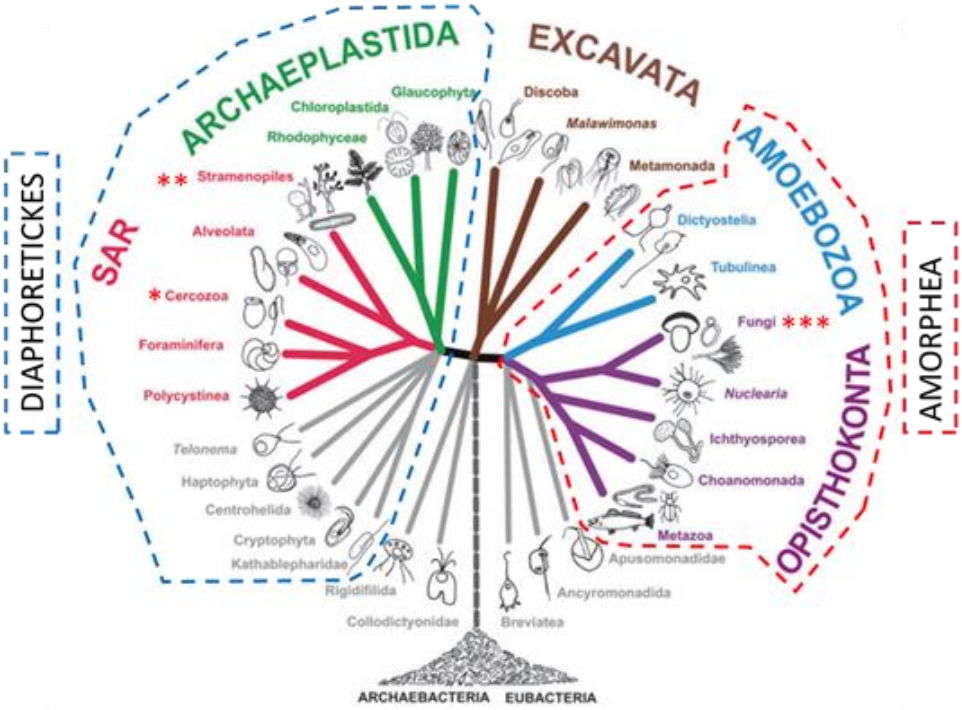


Figura 321. Árbol filogenético de los Eucariotas. Ubicación de los Hongos y Pseudohongos. Modificado de Adl et al. (2012).

Nota explicativa de la Figura 317

Las más recientes hipótesis dividen a los eucariotas en supergrupos: Amorphea y Diaphoretickes.

Amorphea: Células sin forma definida, a menos que este dentro de una estructura que las contenga. Incluye al Super grupo Unikonta donde está los Amebozoos y los Pistokontes.

Amebozoos: son organismos con pseudópodos lobulares o tubulares. Ejemplos: Amoeba y Physarum. Existe aquí pseudohongos sin pared celular.

Pistokontes: el nombre alude a que el flagelo, singular cuando está presente, ocupa una posición posterior, avanzando la célula por delante de él, como se ve en los espermatozoides de los animales. Agrupa formas unicelulares flageladas (coanozoos) junto a los hongos verdaderos (Fungi) y animales verdaderos (Animalia).

Diaphoretickes: Agrupa a Archeoplastida y Super grupo SAR (Strenomiphiles, Alveolata y Rhizaria)

Archeoplastida: con cloroplastos (algas y plantas vasculares).

… continua

… viene

Stranomipiles: zoosporas con flagelos heterocontos (flagelos desiguales; uno látigo y uno plumoso). Dentro de este grupo se encuentran las diatomeas, que so algas unicelulares con esqueleto de sílice; también forman parte de este grupo las algas pardas y los pseudohongos con pared celular con composición rica en celulosa en su pared celular.

Alveolata: con alveolos corticales que tienen la función de movilidad y facilitan la invasión de las células de su hospedante.

Rhizaria: grupo de protozoarios la mayoría son heterótrofos y con capacidad de movimiento, si bien hay algunas especies fotosintéticas. También se incluyen algunas especies parásitas de plantas y animales.

En la propuesta de Adl et al. (2012), no toma como base a las categorías taxonómicas; como es el caso del Catalogue of Life (https://www.catalogueoflife.org/col/browse/tree); en la Figura 322, se presenta este sistema de clasificación taxonómica de Catalogo de la vida para los Pseudohongos que tienen pared celular (*Phytophthora palmivora*) y los que no lo tienen (*Plasmodiophora brasicae*); se compara con la clasificación taxonómica tradicionalmente empleado en los textos básicos de Fitopatología, en esta clasificación *Plasmodiophora* se encuentra dentro del reino Protozoa, mientras que en la clasificación empleada por Catálogo de la Vida tanto *Phytophthora* y *Plasmodiophora* pertenecen al reino Chromista; este reino no aparece en la clasificación propuesta por Adl et al. (2012).

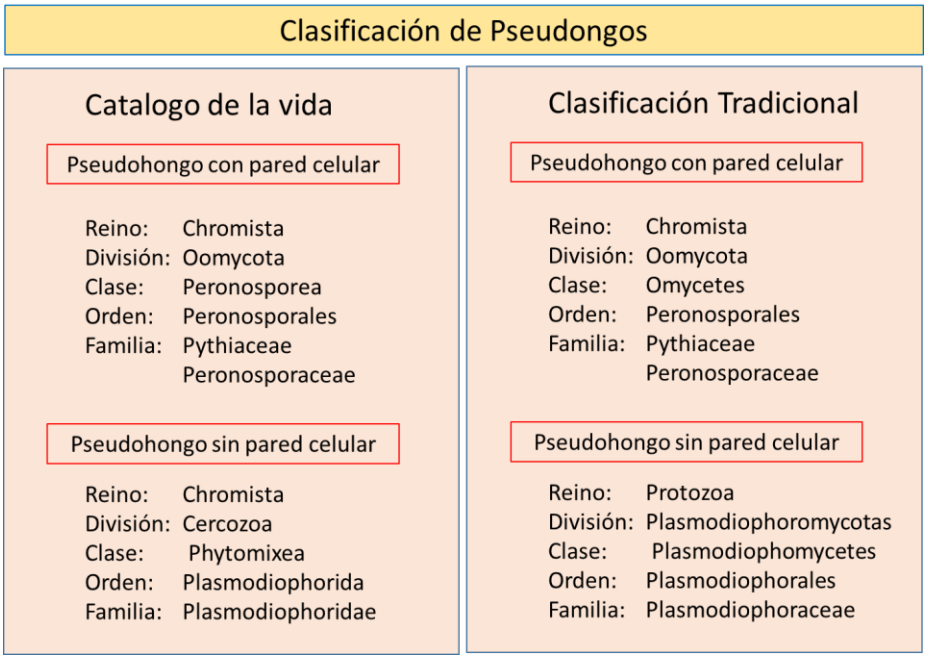


Figura 322. Comparativo en la clasificación empleada por Catálogo de la Vida y la clasificación tradicional de los pseudohongos: *Phytophthora* (con pared) y *Plasmodiophora* (sin pared celular).

En varias propuestas de clasificación de los pseudohongos con pared celular, aparecen incluidos dentro de los Stramenopiles (Figura 320 y 321) que se caracteriza por agrupar aquellos microorganismos que producen zoosporas que forman un flagelo ornamentado en toda su longitud con pequeñas fibrillas que le dan una apariencia de una plumilla, de allí su nombre de flagelo plumoso; este el caso típico de los Oomycotas que tienen zoosporas de dos tipos: uno tipo látigo y el otro plumoso (Figura 323).

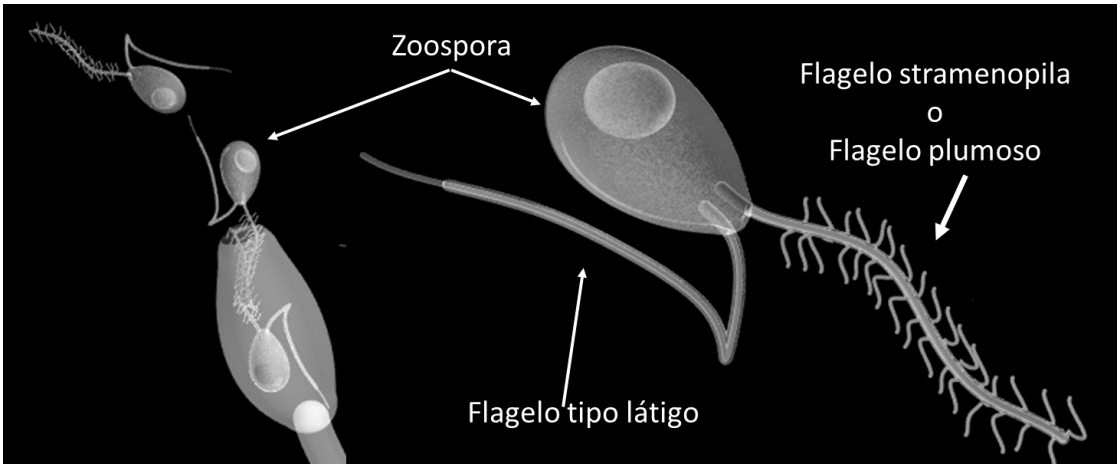


Figura 323. Zoospora heterokont (flagelos diferentes): látigo y plumoso (flagelo stramenopilo). Modificado de https://cronodon.com/BioTech/plant_diseases.html

M.W. Dick (2001), en base a análisis molecular del rADN de los géneros clasificados dentro de la Clase Oomycetes, propone una reclasificación, cambiando el sistema de propuesto por Saparrow (1960) y Dick (1973); la Clase Oomycetes es cambiado por la Clase Peronosporomyteces; además, la familia Sclerosporaceae pasa tener su propio orden los Scelrosporales. Se crea la subclase Peronosporomycetidae y el orden Pythiales (Figura 324).

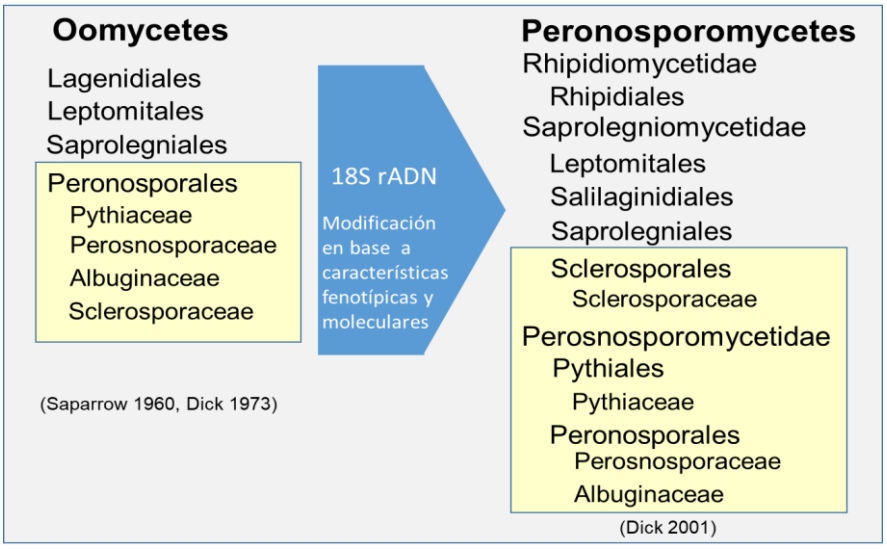


Figura 324. Reclasificación de los Oomycetes, propuesto por M.W. Dick (2001) por análisis fenotípico y molecular. Adaptado de Webster & Weber (2007).

M.W. Dick (2011), en su texto Straminipilous Fungi, propone la clasificación mostrada en la Figura 324. En esta forma de clasificación coloca a los Peronosporomycetos en el reino Streminipila, división Heterokonta, que está en contra posición a lo propuesto por Cavalier-Smith (2004), que los Straminipilous son un grupo dentro del reino de los Chromistas (Figura 2 y 3).

Considerando que el texto Straminipilous Fungi de M.W. Dick (2011), es especifico y especializado en pseudohongos se tomara como modelo su propuesta de clasificación taxonómica en el presente texto (Figura 325).

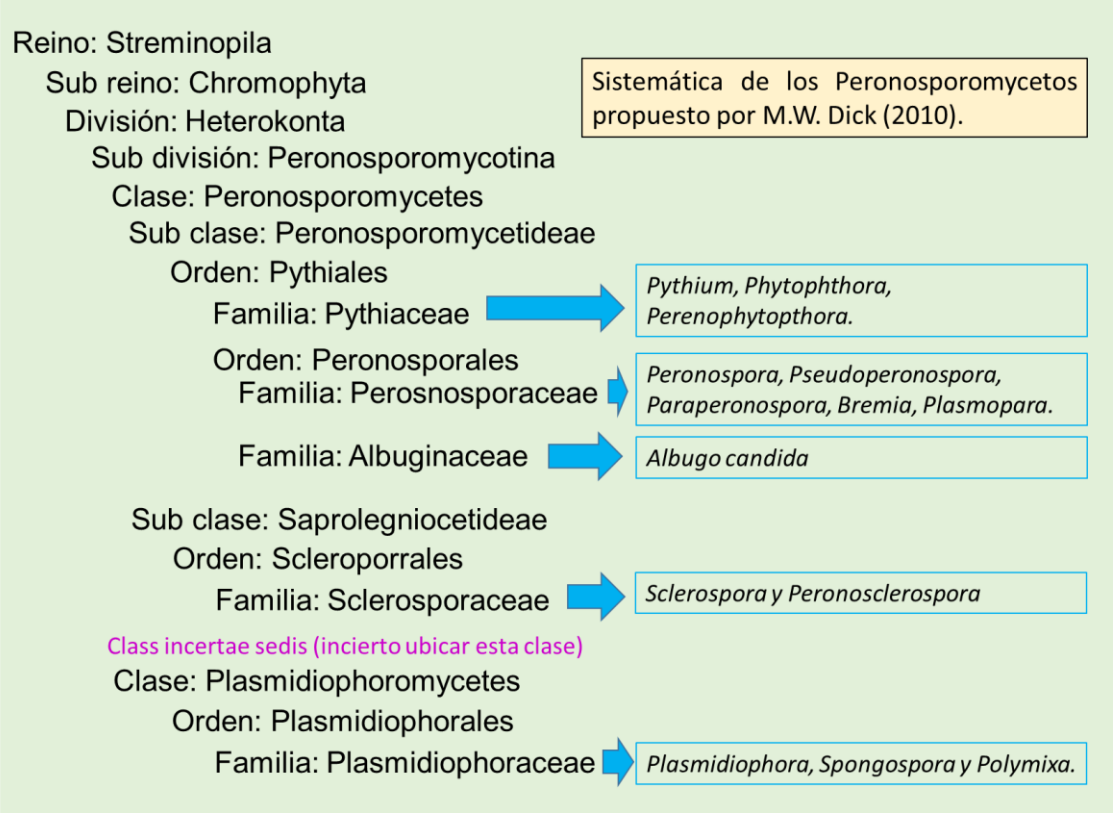


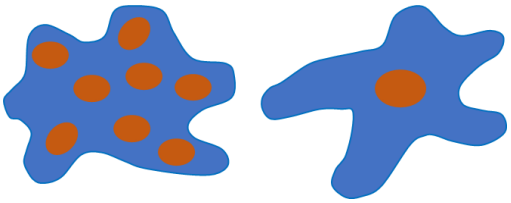
Figura 325. Sistemática de los Peronosporomycetos propuesto por M.W. Dick (2011) en su texto Straminipilous Fungi. Adaptado de Dick (2011).

PSEUDOHONGOS: REINO PROTOZOA

15 DIVISION PLASMODIOPHOROMYCOTA

Esta división agrupa a los pseudohongos con plasmodios endoparásitos intracelulares obligados de plantas vasculares, algas y Oomycetos. Suelen provocar hipertrofias e hiperplasias, sarna, pudrición de raíces o transmitir virus particularmente a papa, remolacha azucarera, trigo y cebada.

Como estructura vegetativa posee el plasmodio que es una célula multinucleada sin pared celular que le confiere una apariencia amorfa tipo las células ameboides. La diferencia radica que la ameba es una célula uninucleada.



Reino: PROTOZOA
División: PLASMODIOPHOROMYCOTA
Clase: Plasmodiophoromycetes
Orden: Plasmodiophorales
Familia: Plasmodiophoraceae
- *Plasmodiophora brasicae* "Hernia de la col"
- *Spongospora subtarranea* "Roña o sarna pulverulenta de la papa"
- *Polymyxa graminis* "Pudriciones radiculares en gramíneas"

Clasificación taxonómica:

La familia más importante es *Plasmodiophoraceae*, con más 13 géneros

15.1 Clase: Plasmodiophoromycetes

15.1.1 Orden: Plasmodiophorales

Familia: Plasmodiophoroceae

Se han descrito más de 13 géneros, de los cuales se reconocen a tres que ocasionan enfermedades de importancia:

Plasmodiophora brassicae: causa la hernia de la raíz de las crucíferas (especialmente col y coliflor, así como numerosas malas hierbas y crucíferas silvestres).

Polymyxa graminis: causa enfermedades en raíces de maíz, trigo y cebada.

Spongospora subterranea: causa la sarna pulverulenta de la papa

Nombre de la enfermedad: “Hernia de la col”

Agente causal: *Plasmodiophora brassicae* Wor.

Tejidos que infecta: raíces cuello de planta

Síntomas:

El síntoma típico en la raíz principal es la presencia de tumores de forma globosa con un diámetro que va de 2 a 5 cm, mientras que en las raíces secundarias los tumores son alargados (Figura 326). Como consecuencia, el desarrollo del eje principal queda detenido, dando lugar a la producción de numerosas raicillas anormales, largas y fibrosas. Los síntomas son semejantes a los causados por nematodo agallador de las raíces.

Clasificación:

División: Plasmidiophoromycota

Clase: Plasmidiophoromycetes

Orden: Plasmidiophoromycetales

Familia: Plasmidiophoromycetidae

Género: *Plasmodiophora brassicae*

F. asexual: No tiene identidad

Al principio en la parte aérea no se observa ningún síntoma, pero debido a una menor tasa de absorción de agua y nutrientes puede presentarse marchitez al medio día y recuperarse por la noche. Las plantas afectadas son pequeñas y no alcanzan el desarrollo comercial. Las plantas jóvenes son más susceptibles que las adultas.

Figura 326. Síntomas de hipertrofia en las raíces y marchitez por efecto de la alta evapotranspiración. Tomado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5458048

Ciclo patogénico:

En el suelo en restos de tumores de hay numerosas estructuras conservativas (esporas de resistencia) de condición haploides. Éstas germinan y dan lugar a una zoospora biflagelada, que se desplazan y adhieren a los pelos radiculares, mediante la penetración

de su apresiorio inyectan su contenido en el hospedante y produce un plasmodio (célula multinucleada formados por mitosis que se alimenta del contenido celular y provocan las deformaciones típicas. Más adelante, todo el plasmodio se convertirá en un zoosporangio o esporas de descanso, que cuando germinan producen zoosporas que se descargarán por un tubo de germinación hacia el suelo.

Dichas zoósporas pueden funcionar como gametos, fusionarse y penetrar en los pelos radiculares de la planta formando un plasmodio (secundario o esporógeno) en el que ocurrirá la cariogamia, tras la meiosis, se formarán las esporas de resistencia o quistes, que pueden permanecer mucho tiempo en el suelo (hasta 20 años) y cierran el ciclo. Las malas hierbas pueden ser hospedantes alternativos de este pseudohongo (incluso las no crucíferas). Su diseminación no se realiza por viento, seda fundamentalmente por el transporte de plantas enfermas y suelo contaminado por quistes (Figura 327).

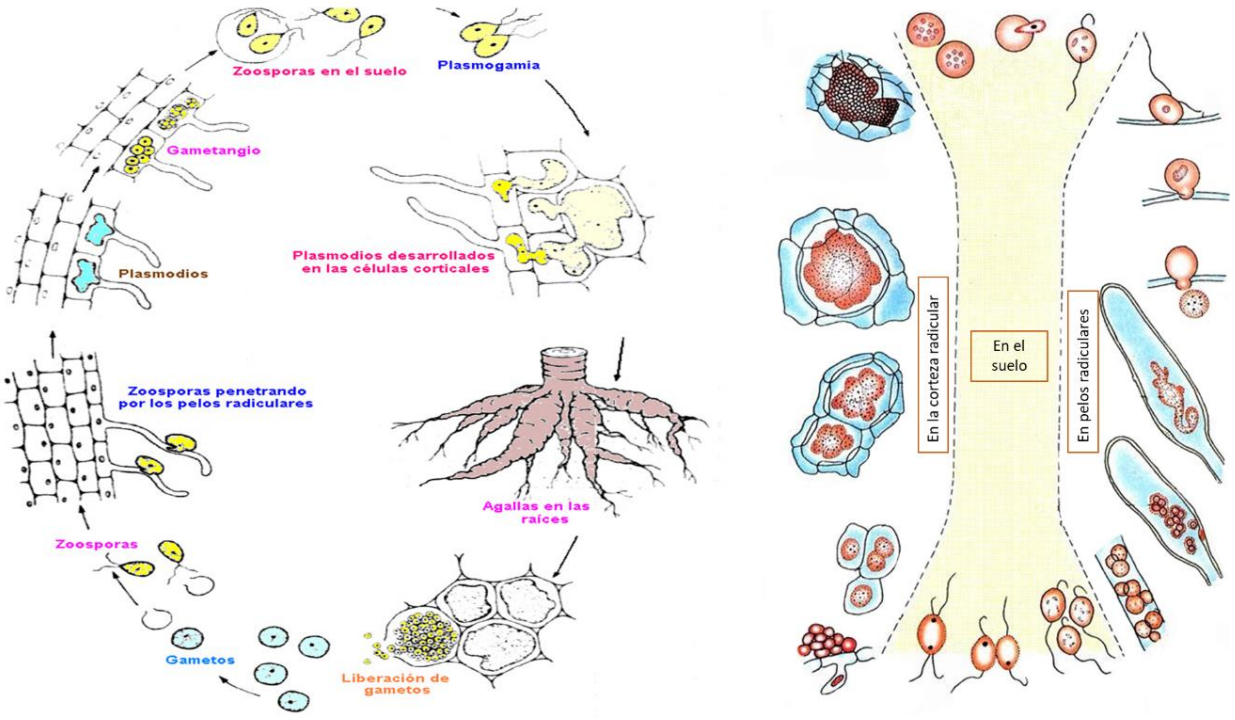


Figura 327. Ciclo patogénico de *Plasmiodiophora brasicae*

Nombre de la enfermedad: “Sarna pulverulenta de la papa”

Agente causal: *Spongospora subterránea* (Wallroth) Lagerheim *f. sp. subterranea* Tomlinson

Tejidos que infecta: tubérculos y raíces

Clasificación:

División: Plasmidiophoromycota

Clase: Plasmidiophoromycetes

Orden: Plasmidiophoromycetales

Familia: Plasmidiophoromycetidae

Género: *Spongospora subterranea*

F. asexual: No tiene identidad

Síntomas:

La enfermedad afecta raíces, estolones y tubérculos, pero no afecta al follaje. En el sistema radicular forman agallas o tumores lisos, de 0.5 a 1.5 cm de tamaño y de forma más o menos irregular; al inicio los tumores son de color blanquecino y cuando alcanzan la madurez fisiológica se vuelven oscuros, debido al color marrón de las paredes de los esporangios de descanso (Figura 328).

Los tubérculos enfermos muestran pústulas que son inicialmente lisas, de color blanquecino de 2 a 3 mm de diámetro. Las pústulas pueden unirse y formar áreas de infección más grandes hasta abarcar una buena parte de la superficie del tubérculo. Cuando las pústulas alcanzan la madurez, el peridermo que encierra a las quitosoras (soras), se rompe y libera a los esporangios de descanso. Como resultado, las pústulas se muestran en la superficie de los tubérculos como lesiones necróticas cicatrizadas, que permiten la entrada de otros patógenos como *Fusarium*. Además, *S. subterranea* es el vector natural del *Potato mop-top virus* (PMTV), uno de los problemas virales prevalentes en la región Andina.

Los síntomas en los tubérculos pueden ser confundidos con la sarna común, provocada por *Streptomyces scabies*.

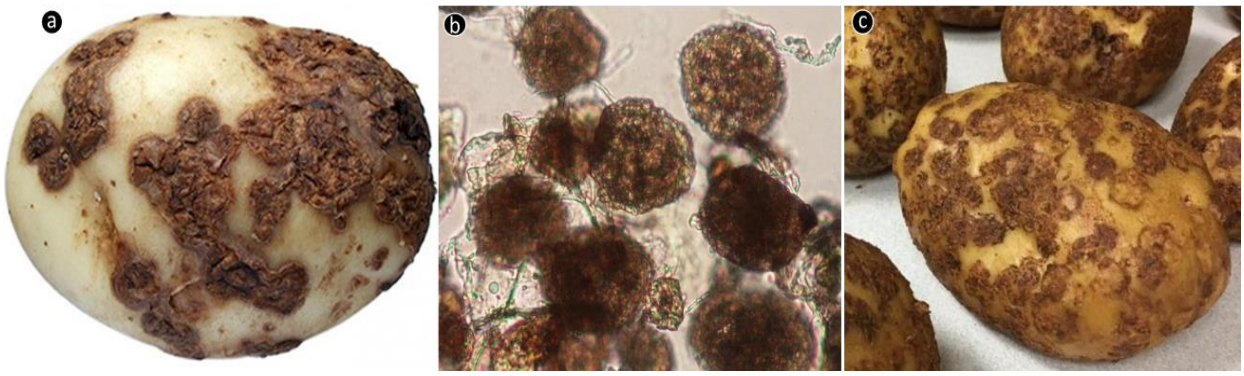


Figura 328. Síntomas de *Spongospora subterránea* (a), Quitosoros (esporas de descanso) de S. subterránea (c). Síntomas de *streptomyces scabies* (c) semejantes a *S. subterrenea*. Tomado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5458048

PSEUDOHONGOS: REINO STRAMENOPILA/CHROMISTA

La clasificación de los pseudohongos con pared celular, tradicionalmente agrupados dentro de los Oomycotas, ha sufrido cambios y existen diferentes propuestas de clasificación que han sido tratados en las páginas 295 a 298).

En el Cuadro 11, se presenta algunas de las características diferenciales de los Perosporomycetes (sinónimo de los tradicionales Oomycetes) con los hongos verdaderos.

Cuadro 11. Características de los Perosporomycetes (pseudohongo) y hongos verdaderos

Característica	Peronosporomycetos (syn. Oomycetos)*	Hongos Verdaderos
Producto de la reproducción sexual	Produce oosporas	Se forma zygosporas, ascosporas o basidiosporas
Estado nuclear de las hifas	Diploide	Mayormente haploide o dicariotico
Composición de la pared celular	β-glucanos-celulosa	Quitina, raramente presente celulosa
Tipo de flagelo en las zoosporas	Heterokont, de dos tipos, uno tipo látigo dirigido hacia la parte posterior y otra fibrosa y ciliada dirigida hacia adelante	Si produce flagelo, generalmente es uno solo y es de tipo látigo en la parte posterior
Mitocondrias	Con crestas tubulares	Con crestas aplanadas

* Ambos términos, Oomycetes (Winter, 1880) y Peronosporomycetes (Dick, 2011) son considerados como sinónimos (Kirk et al., 2008), sin embargo, la mayoría de los investigadores prefieren continuar utilizando el término Oomycetes para referirse a este grupo.

Clasificación taxonómica:

Los esfuerzos en la clasificación de este grupo de microorganismos son diversas en la literatura, unos lo incluyen dentro del reino Chromista y otros dentro del reino Stramenopila.

Respecto a este tema la mayoría de los reportes considera que los Stremenopila es un grupo dentro del reino Chromista (Figura 3). En este texto se seguirá la clasificación propuesta en la Figura 329 por Dick en el 2011.

El Reino Straminipila incluye organismos de características morfológicas diversas, que

comparten un rasgo ancestral común sus zoosporas con dos flagelos distintos (heterokontas) uno látigo y otro plumoso (Figura 323). El término Straminipiles (straminopile), fue el nombre coloquial planteado por Patterson (1989), para un organismo que lleva pelos tubulares tripartitos. Stramen significa flagelo en latín, y pilos, pelo, de allí su denominación como “stramenopilans”.

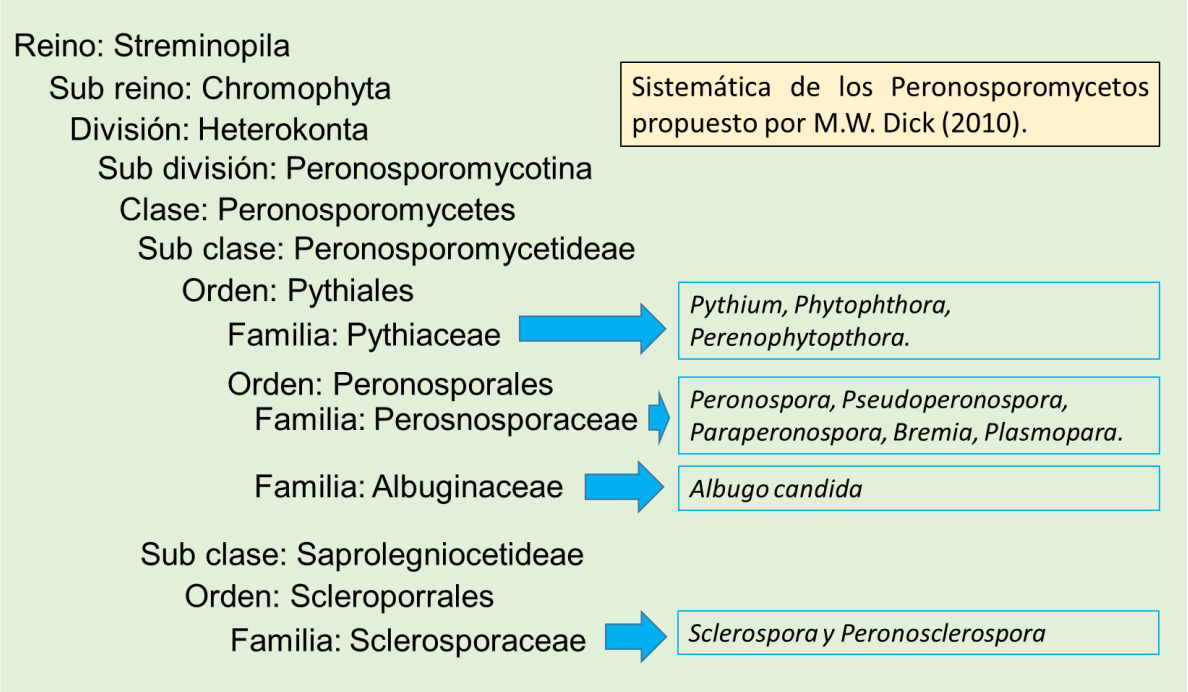


Figura 329. Clasificación taxonómica de los Streminopila según M.W Dick (2011)

16 DIVISIÓN: HETERERO KONTA:

16.1 Clase: Peronosporomycetes (syn. Oomycetes)

Peronosporomycetes consta de 800 a 1 000 especies que pueden ser saprofitos o parásitos en plantas o animales terrestres o acuáticos.

La característica típica de este grupo es la formación de una oospora como producto de la reproducción sexual. Son predominantemente acuáticos, aunque las formas más evolucionadas son terrestres y parásitos obligados de plantas superiores.

Estructura vegetativa: hifa bien desarrollado cenocítico, excepto en la base de estructuras propagativas cuando están bien desarrolladas. Núcleo diploide.

Estructura propagativa: esporangio de varios tipos predominando la forma de limón y

redonda. En algunos casos este germina dejando en libertad zoosporas biflageladas uno en forma de látigo y el otro en forma de plumilla o germina directamente produciendo hifas y micelio.

Estructura reproductiva: tienen heterogametos, oogonio o gametangio femenino que contiene a la oosfera o gameto femenino y el anteridio o gametangio masculino que contiene a los anterozoides que son los gametos masculinos. La unión de los gametos da origen a la oospora (huevo o zygote).

El anteridio puede ser del tipo paragino si se forma lateralmente con relación al oogonio o puede ser anfígeno si al producirse la fecundación en oogonio atraviesa el anteridio quedando este en la parte inferior del oogonio.

Comprende desde el punto de vista fitopatológico ordenes: Pythiales y Peronosporales.

16.1.1 Orden: Pythiales

El orden Phytiales incluye dos familias, Pythiaceae y Pythiogetonaceae; del cual solo los Pythiaceae son importantes desde el punto de vista fitopatológico.

Familia: Pythiaceae

Esta familia agrupa a más de 200 especies en aproximadamente 10 géneros, de cuáles 2 son de importancia: *Pythium* y *Phytophthora*. Son habitantes naturales del suelo viven como saprofitos; no obstante, si la humedad es alta se convierten en parásitos agresivos. Su principal característica es que los esporangios se forman directamente sobre las hifas no diferenciadas, o bien sobre esporangióforos de crecimiento indeterminado. En la reproducción sexual sólo se forma una oóspora por oogonio, que actúa como espora de resistencia. En general *Pythium* se comporta como saprófito en suelo o agua y como parásito de mono y dicotiledóneas, mientras que Phytophthora es un parásito más agresivo que afecta principalmente a dicotiledóneas y es un pobre competidor en el suelo.

Género: Pythium

La mayoría son saprofitos, pero hay un buen número de especies que son parásitos oportunistas de plantas cultivadas especialmente cuando están jóvenes, otros son parásitos de algas marinas y de agua dulce.

El micelio produce gran cantidad de esporangios que tienen forma filamentosa, hinchada, globosa, los cuales no emiten directamente las zoosporas, sino que dan lugar a una vesícula hacia el cual migran las zoosporas para completar su desarrollo, diferenciarse y salir para propagarse (Figura 330). Además, en el micelio pueden aparecer clamidosporas.

Las principales especies son: *Pythium dabaryanum* y *P. ultimun,* causan las enfermedades conocidas como "Chupadera fungosa" o "Damping off" antes o después de la emergencia de las plántulas (Figura 331). Además, causa pudriciones de raíces y frutos que caen al suelo.

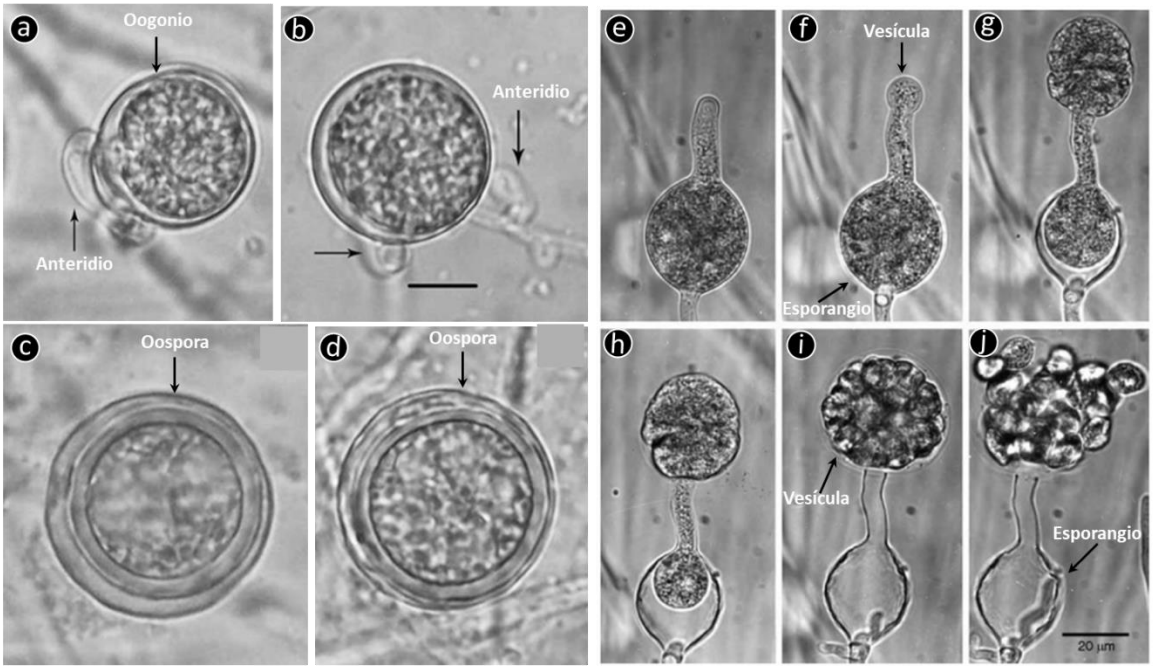


Figura 330. *Pythium* sp. oogonio, anteridio, oosporas (a – d). Esporangio y formación de vesícula y liberación de zoosporas (e – j). Modificado de https://www.researchgate.net/figure/Pythium-delawarii

Nombre de la enfermedad: "Chupadera fungosa" o "Damping off" y pudriciones.

Agente causal: *Pythium dabaryanum* Hesse y *Pythium ultimun* Trow.

Síntomas:

Pythium es uno de los agentes causales del complejo de síntomas denominado “chupadera fungosa”, que consiste en un estrangulamiento del tejido cortical a nivel de cuello de plántula cuando estas todavía tienen sus tejidos suaves y suculentos. Como síntoma secundario produce marchitez y muerte de las plántulas. Se ha descrito dos tipos de chupadera:

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Pythium ultimun*

F. asexual: No tiene identidad

Pre emergente: produce pudrición de la semilla antes o durante la germinación y como consecuencia no llega a emerger del suelo.

Post emergente: el ataque se produce posterior a la emergencia de las plántulas sobre el suelo.

Ciclo patogénico

En la Figura 330, se presenta los eventos que suceden en el ciclo patogénicos de *Pythium* sp. causando la enfermedad conocida como chupadera fungosa.

a. Sobre los tejidos infectados se produce abundante micelio sobre el cual se forman los esporangios; estas germinan directamente si la temperatura del suelo es mayor a 18 °C.

b. Si la temperatura en menor a los 18 °C, los esporangios forman vesícula en el cual se completa el desarrollo de las zoosporas. Las zoosporas son descargados al suelo y se movilizan por quimiotaxis hacia las raicillas de plantas sanas.

c. El esporangio o zoospora al entrar en contacto con las semillas o raicillas de las plántulas germinan produciendo su tubo germinativo que penetra directamente en las semillas o a los tejidos de las plántulas emergentes mediante presión mecánica y degradación por enzimas pectinolíticas.

d. Si la infección ocurre en las semillas antes o después de la germinación las semillas no llegan a emerger del suelo, este caso se conoce como chupadera pre emergente.

e. Cuando la infección ocurre en el tejido circundante al cuello de la plántula, el desarrollo de las hifas causa la degradación enzimática (pectinasa, proteasas, celulasas) del tejido cortical produciendo una reducción en más de la mitad de su diámetro normal; provocando el tumbado de las plántulas por efecto de peso de la parte aérea.

f. Al extraer una plántula a nivel de cuello se observa el estrangulamiento que corresponde al síntoma típico de la enfermedad “chupadera” (chupadera post emergente). En este estado en la parte área se observa clorosis y en ocasiones marchitez, si previamente no se ha producido el tumbado de la plántula.

g. Si existe muchas plántulas por infectar el micelio formado en los tejidos infectados produce abundante cantidad de esporangios; pero si por condiciones de manejo el germinador o el vivero se encuentra en su estado final y no existe más tejidos que infectar el micelio pasa a formar estructuras reproductivas Oogonio (gametangio ♀) y anteridio (gametangio ♂).

h. El Oogonio es fecundado por el anteridio por contacto gametangial.

i. Producto de la fusión de los gametos oosfera y anterozide se forma la Oospora que a su vez es una estructura conservativa que le permite sobrevivir hasta que exista nuevamente condiciones favorables (nueva siembra de semillas o plántulas).

j. La Oospora germina por el efecto de la humedad y los exudados de las semillas o plántulas e inicia un nuevo ciclo infectivo.

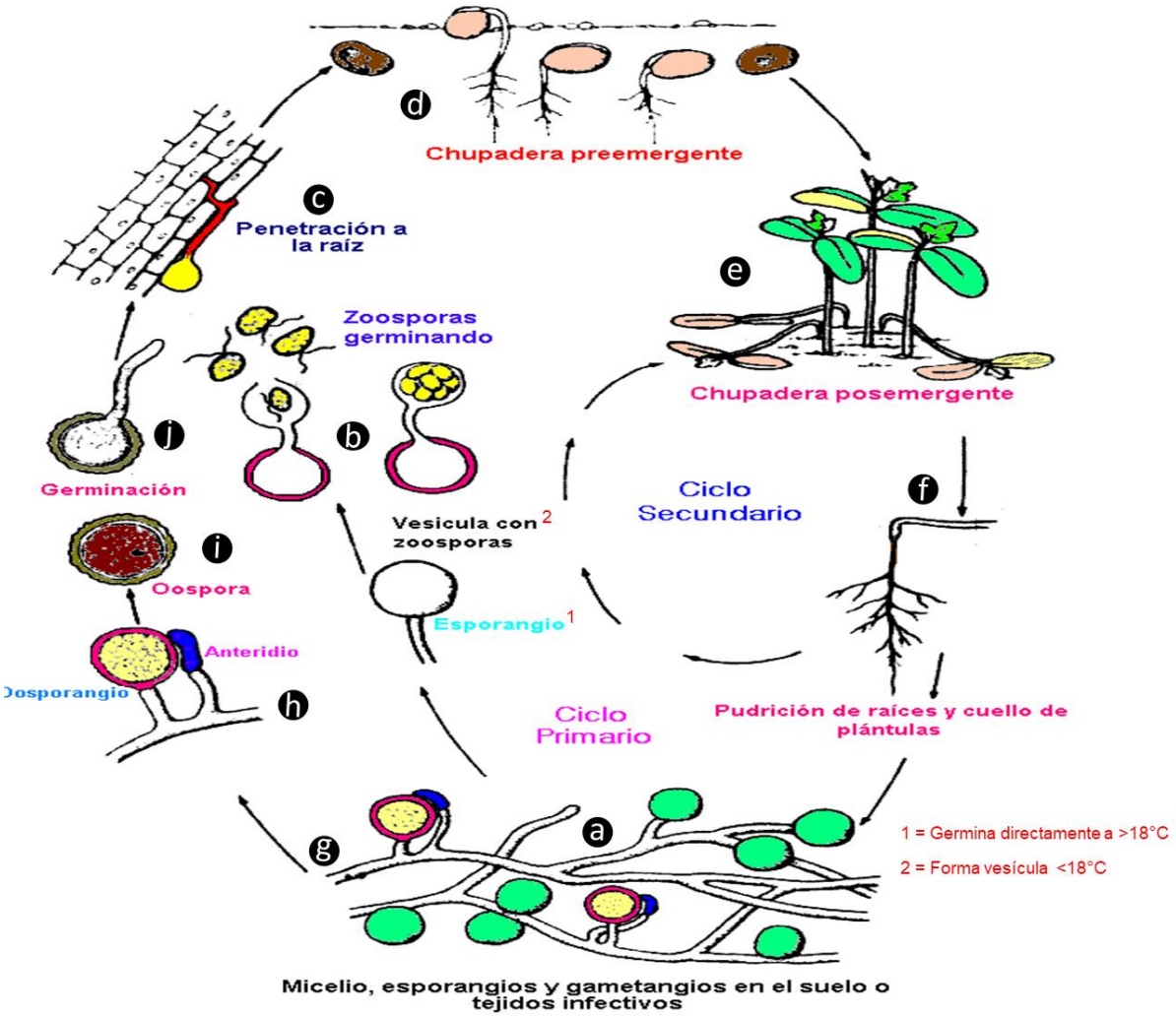


Figura 331. Ciclo patogénico de *Pythium spp.*

Genero Phytophthora

La mayoría de los representantes de este género son parásitos de plantas. El micelio es muy similar al de *Pythium*, pero el esporangio es ovalado con una papila pronunciada en la punta y germina dejando en libertad directamente las zoosporas que emergen de la papila (Figura 332).

Por su alta virulencia y la capacidad de propagarse rápidamente constituye uno de los más importantes grupos de fitopatógenos en todo el mundo. Comprende un amplio rango de hospedantes que incluyen plantas ornamentales, oleaginosos, hortícolas y frutales como: palta, cítricos, papaya, piña, cacao entre otros. En estos cultivos las diferentes especies causan diversos síntomas como tizones, cancros, podredumbres de raíces, tallos, frutos en otros.

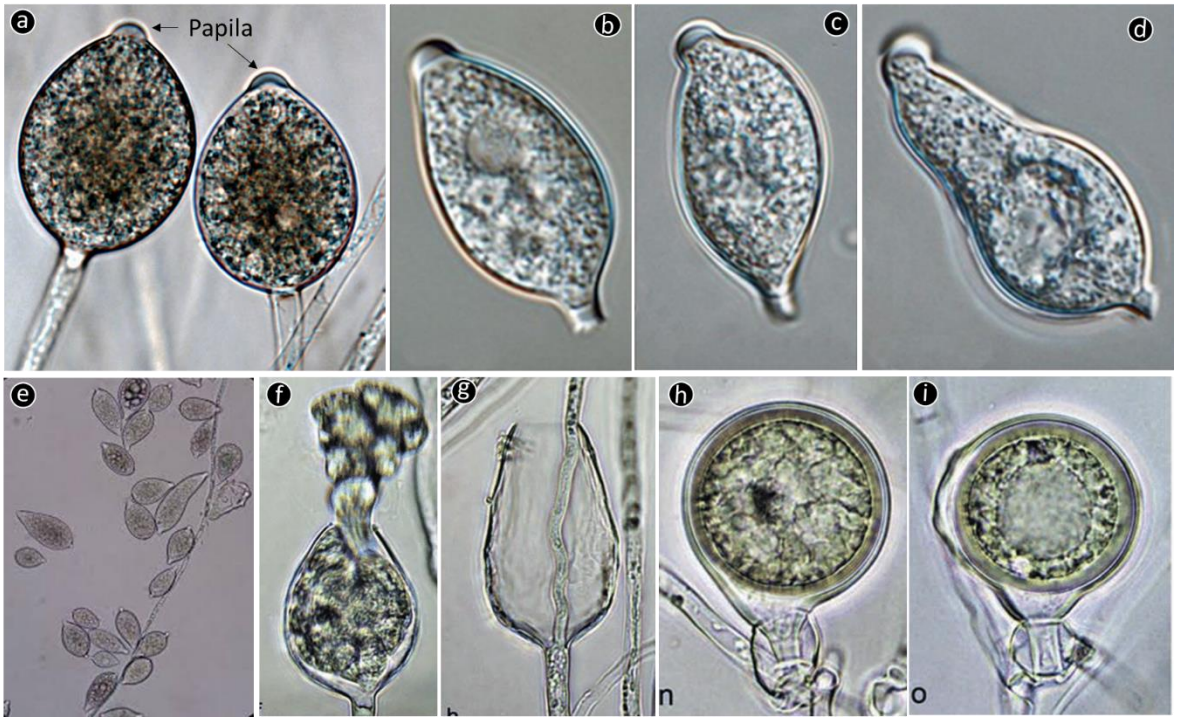


Figura 332. Estructuras de típicas de Phytophthora. Formas de esporagangios con papila (a – e). Liberación de zoosporas por la papila (f). Esporangio vacio (g). Oogonio y anteridio (h – i). Adaptado: https://www.researchgate.net/figure/Morphological-Phytophthora

Nombre de la enfermedad: "Mildiu", "hielo", "Rancha" o "Tizón tardío". Papa

Agente causal: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Tejidos que infecta: raíces, tubérculos, tallos y hojas.

Síntomas: Pudrición de raíces y tubérculos y "manchas necróticas afelpadas en hojas y tallos.

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora infestans*

F. asexual: No identificado

Las hojas de las plantas infectadas muestran inicialmente en los bordes, manchas irregulares de color marrón, de apariencia húmeda y en ocasiones, rodeadas por un halo clorótico; si las condiciones de humedad y temperatura son favorables aparecen esporulaciones blanquecinas en el envés de las hojas, los que corresponden a los esporangióforos y esporangios que emergen de los estomas. En corto tiempo las lesiones avanzan y necrosan toda la lámina foliar causando el quemado de todas las hojas.

Tallos y peciolos: las lesiones también son oscuras, pero más alargadas, llegando a

necrosarse. Cuando la enfermedad se extiende por todo el diámetro del tallo, éste colapsa.

Tubérculos: las zonas infectadas están ligeramente hundidas, presentan una coloración rojiza discontinua en la medula al realizar el corte; finalmente la enfermedad y otros agentes secundarios causan la putrefacción de todo el tubérculo (Figura 333).

Figura 333. Síntomas de Tizón tardío causado *por Phytophthora infestans* en papa y tomate. Tomado de https://www.goia.es/muestra/detail/223 y https://plantix.net/es/library/plant-diseases/100046/tomato-late-blight.

Ciclo patogénico:

Las unidades infectivas son principalmente las zoosporas que se forman dentro de los esporangios, pero también pueden ser los esporangios al germinar directamente. Los esporangios son diseminados por el viento y lluvia; si la temperatura del ambiente fluctúa entre 12° a 15°C y una humedad relativa del 95 a 100% se producen zoosporas en el interior del esporangio; liberándose alrededor de 8 a 12 zoosporas uninucleadas y biflageladas. Las zoosporas se enquistan y germinan produciendo un tubo germinativo que permite penetrar a la hoja por los estomas, o formar el apresorio para penetrar directamente a través de la cutícula. El micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de la célula y a su vez va generando nuevos esporangioforos que aparecen principalmente en el envés de las hojas a través de los estomas.

Si la humedad relativa del medio ambiente se mantiene alta, pero la temperatura fluctúa entre 18 y 24°C los esporangios germinan directamente produciendo la infección semejante a las zoosporas. Cuando este tipo de infección ocurre, el desarrollo de la enfermedad es más limitado con relación a la infección que se realiza por medio de zoosporas que suma 8 a 12 puntos de infección a diferencia del esporangio que tiene un solo punto de infección.

La necrosis aparece a los 6 a 7 días de la infección, los esporangios son arrastrados al suelo por las lluvias y afectan los tubérculos formando un tejido corchoso dependiendo del cultivar. La fuente más importante de infección es a través de tubérculo enfermos de las plantas voluntarias.

El ciclo de la enfermedad involucra tanto la reproducción asexual como la reproducción sexual. La fase asexual requiere de una planta (Solanaceae); en ausencia de reproducción sexual, *P. infestans* es esencialmente un parásito obligado que completa un ciclo reproductivo asexual entre 6 y 8 días.

Para la formación de la reproducción sexual se requiere de la participación de los dos tipos de apareamiento Al y A2 (heterotálicos); significa que las estructuras sexuales (oogonio y anteridio) formadas en un solo grupo de apareamiento no se pueden autofecundar. Se ha establecido que en el Perú y Bolivia solo existen el grupo de apareamiento A1; mientras que en México y Europa existen los dos grupos; lo que significa que en estos dos últimos lugares se produce la fase sexual.

La estructura conservativa lo constituyen las Oospora o "espora de descanso" que es formada en la fase sexual; su pared gruesa le permite sobrevivir condiciones adversas tales como períodos secos, bajas temperaturas, ausencia de hospedantes y puede permanecer en el suelo en estado latente hasta por 10 años. En la Figura 334, se presenta el ciclo patogénico de *Phytophthora infestans* en papa.

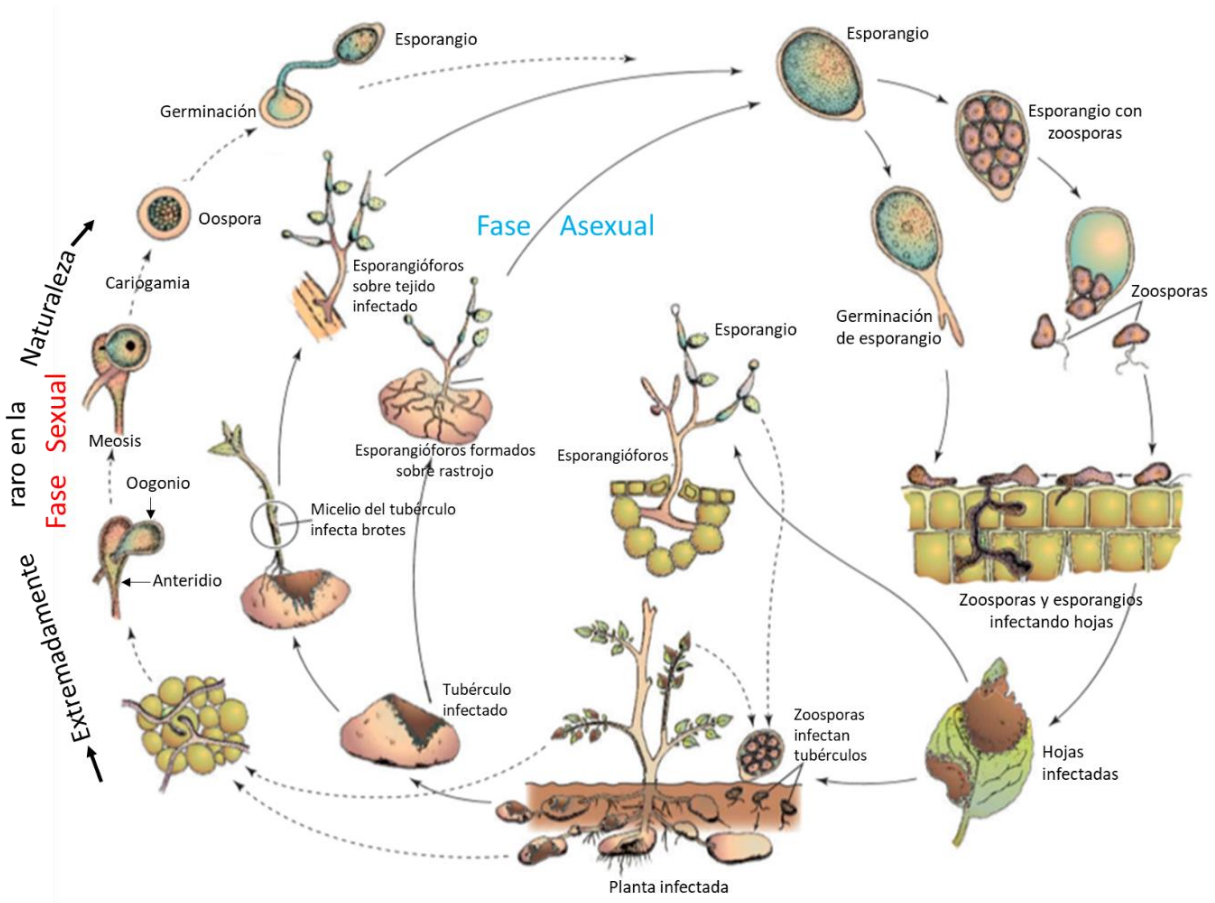


Figura 334. Ciclo patogénico de *Phytophthora infestans*, agente causal del hielo fungoso o rancha de papa.

Enfermedad: "Mildiu", "Rancha", "Tizón tardío" del tomate

Agente causal: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Tejidos que infecta: tallos ramas y hojas.

Síntomas:

Al igual que la rancha en papa es una de las enfermedades más destructivas que existen, en este cultivo debido a la rapidez con que puede diseminarse por el aire, a su alta capacidad reproductiva y a su gran virulencia.

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora infestans*

F. asexual: No identificado

La planta puede ser infectado en cualquier estado de desarrollo, los primeros síntomas se manifiestan en hojas con áreas necrosadas rodeadas de una esporulación blanquecina que corresponde a la emergencia de los esporangiosporas y esporangios por los estomas . Las lesiones pueden abarcar toda la hoja, pasando simultáneamente a tallos y frutos.

Los tallos presentan segmentos de tejido muerto oscuros que pueden llegar a estrangularlo por completo.

En fruto verdes presentan decoloraciones que evolucionan a manchas de color chocolate, principalmente cuando el fruto está maduro (Figura 335).

Figura 335. Síntomas del “mildiu", "rancha" o "tizón tardío" del tomate causado por *Phytophthora infestans*.

Entre las enfermedades que históricamente han ocasionado severos daños en la producción se destaca el Tizón tardío de la papa, responsable de la hambruna del año 1840 en Irlanda, que produjo la muerte de más de un millón de personas (Erwin & Ribeiro, 1996; Fry & Goodwin, 1997; Agrios, 2005).

Nombre de la enfermedad: "Pudrición parda de la mazorca del Cacao", “Quemado de hoja” y “Cancro del tallo” en cacao.

Agente causal: *Phytophthora* spp.

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora* spp.

F. asexual: No identificado

Se han reportado a 07 especies asociados a enfermedad del cacao, entre los que se citan:

Phytophthora palmivora (Butler) Butler.

Phytophthora capsici Leonian

Phytophthora megakarya Brasier & Griffin

Phytophthora megasperma Drechsler

Phytophthora parasítica Dastur

Phytophthora citrophthora (R.&E. Sm.) Leonian

Phytophthora heveae Thompson.

Para el Perú solo se ha determinado la presencia de *P. palmivora* y *P. capsici* asociados a pudrición de frutos.

Tejidos que infecta: raíces, brotes, tallo, ramas y frutos.

Síntomas:

Frutos: la pudrición puede iniciarse a partir del extremo basal del fruto debido a que se deposita en ese lugar una película o gota de agua donde germinan las zoosporas o esporangios que son diseminados por el viento. En aproximadamente 14 días el fruto está totalmente podrido (Figura 336).

Figura 336. Proceso de pudrición en frutos de cacao por el hongo *Phytophthora* a partir de la base hacia arriba por la existencia de una gota de agua en base.

En la Figura 337, se observa en algunos frutos el desarrollo de la pudrición del a partir del punto de unión del pedúnculo y en otros en zonas diferentes, para esto solo se requiere la presencia de una película de agua que es necesario para la germinación de las zoosporas o esporangio; lo más que esta pudrición se inicie a partir de la unión del pedúnculo o base del fruto por existir mayor tiempo de permanencia de agua líquida después de una lluvia. El color de la necrosis es pardo chocolate parecido al de la moniliasis, la diferencia radica en la forma de su avance. En *Phytopthora* la necrosis avanza radialmente en forma uniforme no dejando zonas de tejido sano como si ocurre en *M. roreri* y *M. perniciosa.*

Figura 337. Formas de avance de la pudrición de frutos de cacao por el hongo *Phytophthora* spp., observe el color y forma de avance de la mancha.

Otra característica diferencial de esta enfermedad frente a la “moniliasis” y “escoba de bruja” es el proceso de avance de infección en la parte externa e interna del fruto. En el caso de Phytophthora la pudrición avanza de afuera hacia adentro (Figura 338), mientras que en “moniliasis” y “escoba de bruja” el avance de la necrosis es de adentro hacia a la parte externa (Figura 201 y 212).

Otra forma de establecer las diferencias sintomatológicas entre “pudrición parda” versus “moniliasis” y “escoba de bruja” consiste en observar el tamaño de la necrosis externa e interna del fruto (severidad externa e interna), en el caso de “P. parda” la severidad externa es proporcional a la severidad interna en cambio en “moniliasis” y “escoba de bruja” la severidad interna es mayor a la severidad externa. Lo que demuestra de estas dos enfermedades inician el proceso de necrosamiento a partir del interior del fruto.

Figura 338. Forma de avance de la infección de *Phytophthora* sp. de la parte externa hacia el interior del fruto.

A los pocos días de iniciado la pudrición, se inicia la emergencia de esporangióforos a través de las lenticelas o estomas sobre los cuales se forman abundantes esporangios que son dispersados por el viento o la lluvia.

Cancros en tallos: se caracterizan por producir en la corteza una decoloración ovalada de color marrón oscuro y posterior agrietamiento. por donde puede haber secreción de una sustancia viscosa. Al realizar el raspado de la corteza ésta a cambado a una coloración rojo vinoso (Figura 339). Estos cancros se presentan en zonas cercanas al suelo, el cancro puede crecer hasta cubrir circularmente todo el tallo y causar finalmente la muerte de la planta.

Figura 339. Síntoma de cancro en tallo de cacao causados por *Phytophthora palmivora*. Observe que el tejido interno de la corteza ha cambiado de color a un rojo vinoso. La mejor alternativa de control es realizar el raspado de todo el tejido enfermo y aplicar una sustancia cauterizante.

Síntomas en plantones: infecciones en plántulas en condiciones de vivero ocasiona el quemado de las hojas de los brotes, marchites y muerte total de las plántulas (Figura 340). Los síntomas iniciales en hojas son característicos que permiten realizar su diagnóstico con relativa facilidad; la necrosis avanza por las nervaduras.

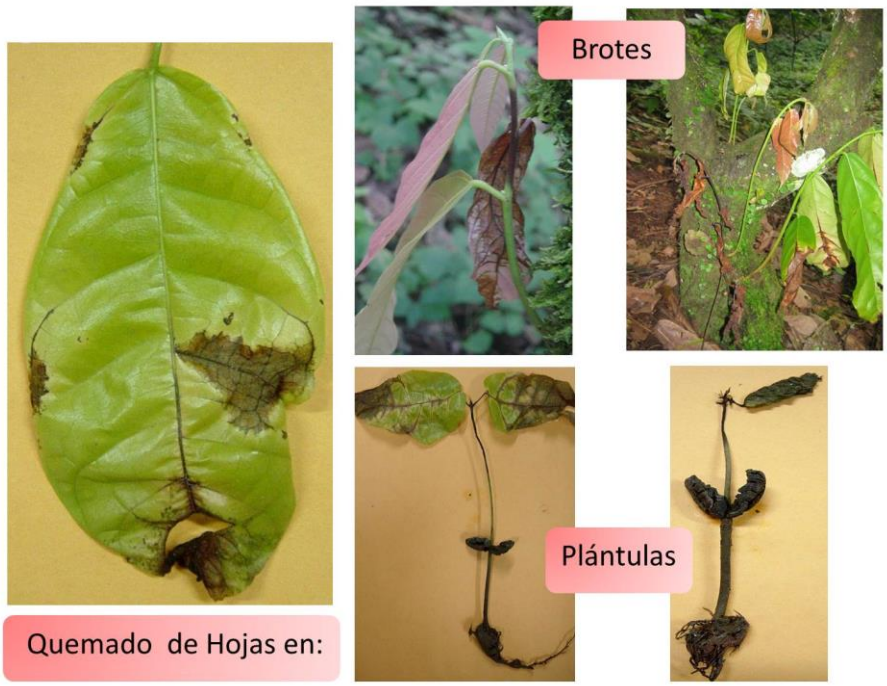


Figura 340. Síntomas de quemado de hojas en yema terminal de brotes y plántulas de cacao.

Ciclo Patogénico:

El ciclo patogénico *Phytophthora sp*. en frutos de cacao se muestra en la Figura 341, donde se señalan en números los eventos involucrados en este proceso.

En la parte 1. El hongo logra sobrevivir en el suelo en los restos de tejidos enfermo formando sus estructuras conservativas que corresponden a oosporas o clamidiosporas. Cuando se inician las lluvias, estas estructuras germinan produciendo esporangios y zoosporas que por efecto de la salpicadura de la gota de lluvia pueden llegar a ser depositados sobre los frutos cercanos al suelo e iniciar el proceso de infección.

En la parte 2. Para la germinación de las zoosporas o esporangios sobre el fruto se necesita la existencia de una película de agua. La penetración después de la germinación se da a través los estomas o lenticelas produciendo los síntomas típicos de la enfermedad en el órgano que en el que se haya producido la infección.

Parte 3. En la zona infectada emergen a través de los estomas los esporangiosporas produciendo esporangios que forman en su interior las zoosporas. Dependiendo de las

condiciones ambientales el esporangio puede actuar como una unidad infectiva y son rápidamente desprendidos de sus esporangióforos y diseminados por el viento . Si las condiciones no son las óptimas el esporangio se mantiene y completa la formación de las zoosporas. Sea descrito que además del viento y la lluvia son también transmisores de esta enfermedad el "chinche mosquilla" insecto plaga en el cacao.

En la parte 4. Un fruto infectado puede necrosarse totalmente en aproximadamente 14 días y durante todo ese tiempo produce miles de estructuras infectivas, por ello es importante la remoción estos frutos como una medida efectiva de control.

En la parte 5. Esporangios o zoosporas como unidades infectivas formados sobre los frutos los numerales 3 y 4.

En la Parte 6. Las unidades infectivas (esporangios o zoosporas) son diseminados viento a otros frutos iniciándose así nuevos ciclos de la enfermedad (ciclo secundario) en aproximadamente cada 7 a 8 días. Si existen viveros cercanos serán también infectados.

Sobre los frutos enfermos removidos y dejados en el suelo *Phytophthora* inicia el proceso de formación de estructuras sexuales y así formar la oospora que le permitirá su mantención en el suelo hasta el siguiente ciclo productivo; para el caso del Alto Huallaga los frutos se producen todo el año; sin embargo, la época de mayor numero de frutos por planta coincide con la época de mayor precipitación, por tanto, también es también una condición favorable para esta enfermedad.

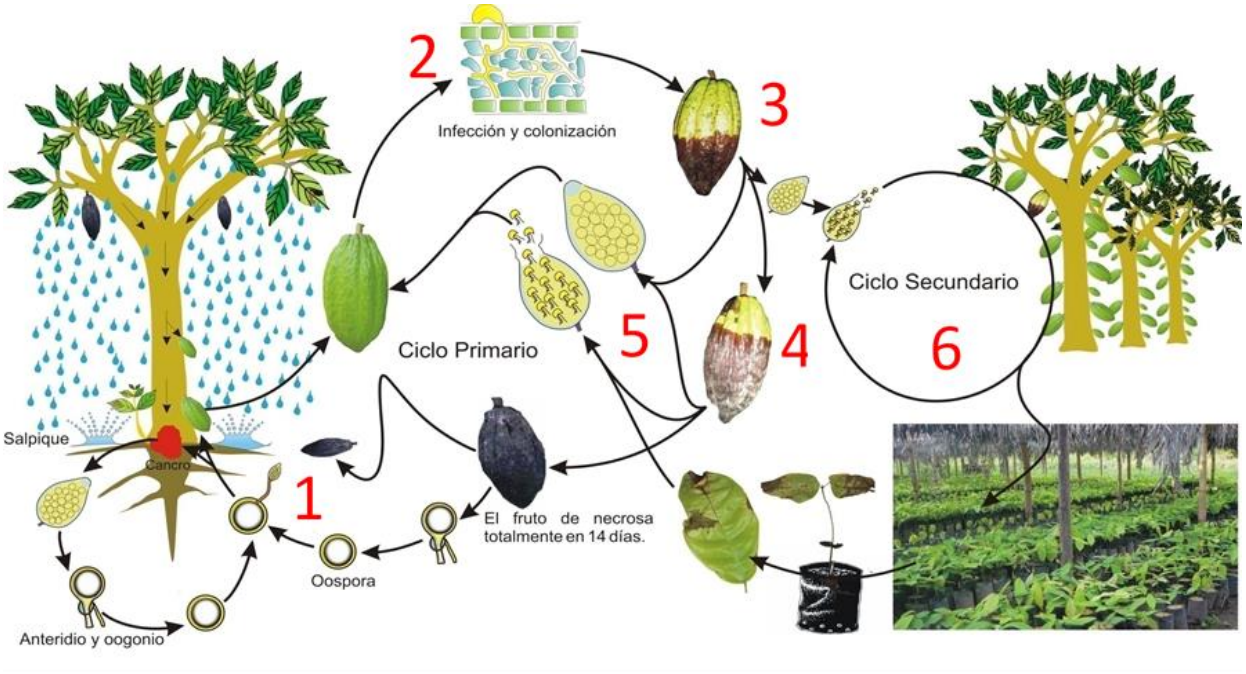


Figura 341. Ciclo patogénico de *Phythopthora* sp. en el cultivo de cacao

Nombre enfermedad: "Pudrición" en papaya.

Agente causal: *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler

Tejidos que infecta: hojas, brotes, frutos, tallos y raíces.

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora palmivora*

F. asexual: No tiene identidad

Síntomas:

Las mayores pérdidas en plántulas, plantas y frutas a consecuencia de esta enfermedad ocurren durante los periodos lluviosos.

Raíces y tallo: tanto en plántulas como en plantas adultas causa pudrición de las raíces que se prolonga hasta la altura de cuello de la planta, en este estado se pueden observar manchas oscuras alrededor de la base del tallo, los tejidos centrales se van desintegrando, causando clorosis, marchitez y defoliamiento. En las plantas adultas a ofrecen poca resistencia al tumbado por acción del viento o por el peso de sus frutos. (Figura 342). Infecciones iniciales en periodos secos la enfermedad puede dejar de desarrollar y la planta recupera su desarrollo normal.

Figura 342. Síntomas de pudrición de raíces en de papayo causado por *Phytophthora palmivora.*

Las heridas causadas por la caída prematura de hojas son sitios de infección y producen pudrición que puede causar el debilitamiento del tallo y causar su doblamiento por un viento fuerte.

En las hojas puede causar el "quemado" o “tizón” cuando existe alta humedad relativa, los zoosporangios formados en estos tejidos liberar las zoosporas que infectan a los frutos formando manchas circulares recubiertas de abundante micelio (Figura 339). Los frutos cercanos a la madurez son más susceptibles.

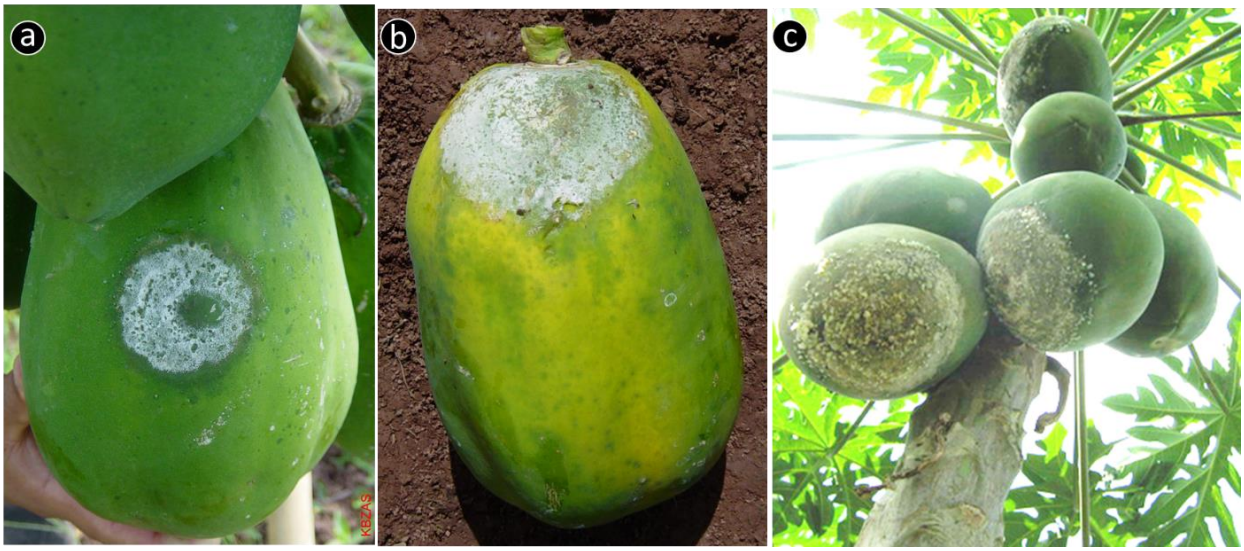


Figura 343. Síntomas de pudrición de frutos de papayo causado por *Phytophthora palmivora.*

Nombre enfermedad: "Gomosis de los cítricos"

Agente causal: *Phytophthora nicotianae* (Syn. *Phytophthora parasítica) y P. citrophthora*

Tejidos que infecta: infecta a todos los órganos de la planta en todos sus estados de desarrollo; raíces, tallos, hojas, brotes, ramas y frutos.

Síntomas:

En el tallo aparecen manchas irregulares de color oscuro, la corteza se agrieta y sale a través de ella un exudado de goma de color pardo ámbar (Figura 344). La lesión se extiende a la circunferencia del tallo, anillándolo lentamente y hacia arriba hasta alcanzar las ramas. Los árboles afectados presentan amarilleamiento de las hojas, marchitez, muerte de ramas, ramillas y finalmente puede producir la muerte del árbol. La manifestación de los síntomas puede darse un años después de la infección si las condiciones son las favorables o requerir de varios años.

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora nicotianae*

P. citrophthora

F. asexual: No tiene identidad

Si el 50% o más de la región del tronco o la copa de un árbol afectado, puede resultar más económico sustituir la planta que tratar de controlarlo.

En cultivares susceptibles como el “limón Tahití” los síntomas también se producen en las ramas (Figura 345).

Figura 344. Síntomas de gomosis y pudrición del tallo de plantas de cítricos causado por *Phytophthora nicotianae*. Tomado de: http://gipcitricos.ivia.es/area/plagas-principales/enfermedades/podedumbre-de-cuello-y-gomosis

Figura 345. Síntomas de gomosis y pudrición de rama de "limón Tahití" causado por *Phytophthora nicotianae*.

Nombre enfermedad: "Pudrición del cogollo " en piña

Agente causal: *Phytophthora nicotiana var. Parasítica* (Dastur) G.M.Waterh.

Tejidos que infecta: Tallo, yema termina y frutos

Síntomas:

De los cultivares de piña sembrados en el Perú, el denominada Golden es la que muestra alta susceptibilidad a esta enfermedad. Se caracteriza por la

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora nicotiana var. parasitica*

F. asexual: No tiene identidad

infección de la yema principal (Cogollo) donde causa la pudrición de la base de las hojas a partir de la yema central (Figura 346). Las hojas se desprenden fácilmente, generalmente adquieren un olor a putrefacción causado por bacterias descomponedores de materia orgánica

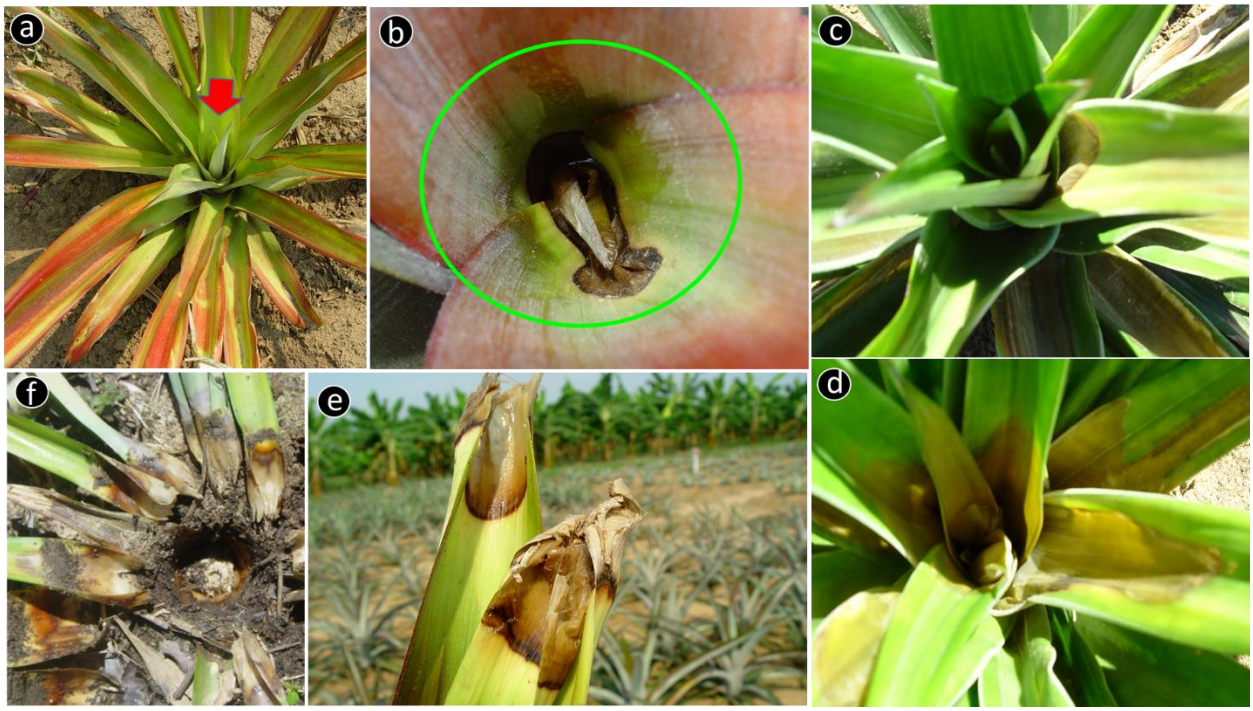


Figura 346. Síntomas de pudrición del cogollo de plantas de piña causado por *Phytophthora nicotiana var. parasitica*

Nombre enfermedad: "Pudrición del cogollo" en palmera aceitera

Agente causal: *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler

Tejidos que infecta: Cogollo de la palma

Síntomas:

La Pudrición del Cogollo (PC) es la enfermedad más devastadora de la palma de aceite en América Latina.

Los síntomas muestran la destrucción de las flechas jóvenes, sin presentarse daño al área meristemática en los estados iniciales de la enfermedad; posteriormente hay destrucción del área meristemática deteniéndose la emisión y maduración de las nuevas flechas provocando finalmente la muerte de la planta (Figura 347).

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora palmivora*

F. asexual: No tiene identidad

Por más de cuarenta años el agente causal de la enfermedad no fue correctamente identificado. Recientemente, como resultado de los trabajos realizados por el Centro de Investigación de Palma de Aceite (Cenipalma) de Colombia, se logró identificar a *Phytophthora palmivora* como el agente causante de las primeras lesiones, posteriormente se presentan varios patógenos oportunistas: hongos (Fusarium spp., *Colletotrichum* sp., *Thielaviopsis* sp., y *Rhizoctonia* sp, entre otros), bacterias (*Pseudomonas* sp. y *Erwinia* sp) e insectos (*Rhynchophorus palmarum*) que promueven el proceso de pudrición, el cual se inicia en los tejidos inmaduros de las flechas que se están desarrollando.

En el Perú la enfermedad del PC no se ha diagnosticado, síntomas de pudrición del cogollo está asociado a “Marchitez sorpresiva”, “muerte de flecha 1, 2 y 3”.

Figura 347. Síntomas de pudrición del cocogollo en plantas de palma aceitera, causado por *Phytophthora palmivora*. Tomado de: Gerardo Martínez López-CENIPALMA

Nombre enfermedad: "Pudrición " en palta

Agente causal: *Phytophthora cinnamomi* Rands

Tejidos que infecta: raíces y tallos

Síntomas:

En vivero: las plantas infectadas en almácigos generalmente mueren de forma prematura, antes del prendimiento del injerto, debido a la necrosis del tejido del cuello del patrón; en otras ocasiones, las plantas infectadas presentan escaso crecimiento, menor desarrollo foliar, amarillamiento generalizado de hojas y a medida que la infección progresa, la base del patrón se necrosa (Figura 348).

Clasificación:

División: Heterokonta

Clase: Peronosporomycetes

Orden: Pythiales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora cinnamomi*

F. asexual: No tiene identidad

En campo: los primeros síntomas es una defoliación parcial y clorosis que se manifiesta de forma leve a moderada de manera generalizada (Figura 349). Estos daños detienen el crecimiento vegetativo, y, por consiguiente, la producción del fruto, afectando el rendimiento del cultivo. La muerte de la copa del árbol ocurre de forma descendente, mientras que en el tallo es ascendente

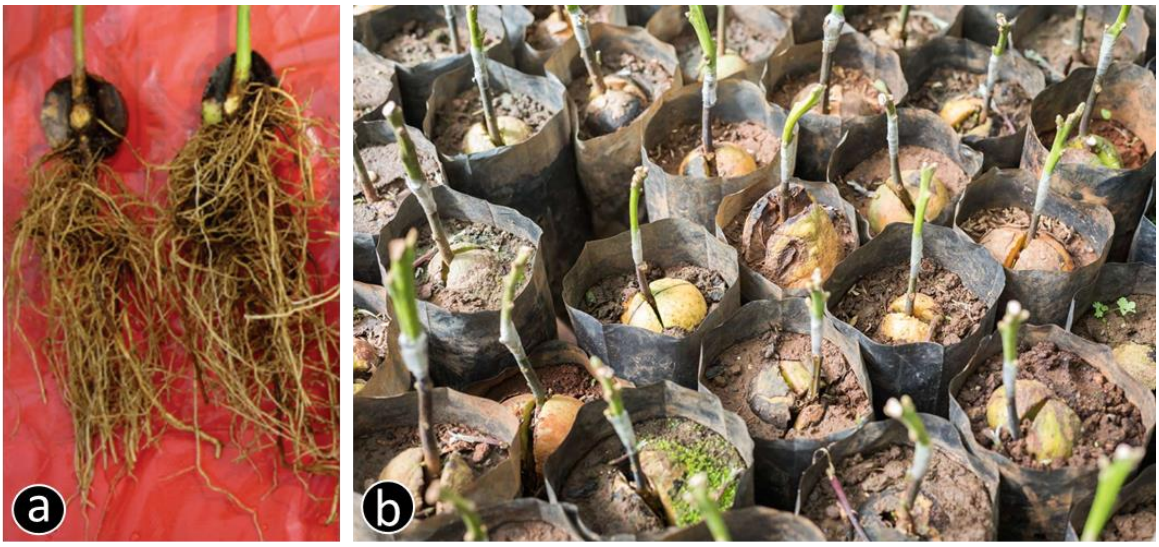


Figura 348. Síntomas de daños en raíces y plántulas de palto causados por *Phytophthora cinnamomi.* Tomado de: https://www.ica.gov.co/getattachment/

Figura 349. Síntomas de clorosis, amarillamiento y defoliación de una planta de palto por *Phytophthora cinnamomi.*

16.1.2 Orden: Peronosporales

Son los más evolucionado de los Peronosporomycetes comprende especies acuáticos y terrestres y un grupo de parásitos obligados altamente específicos. Micelio bien desarrollado constituido por hifas cenocíticas profusamente ramificados. Los esporangios son en forma de limón o redondeados. Comprende 02 familias: Peronosporaceae y Albuginaceae.

Familia: Peronosporaceae

Son de hábito estrictamente parasítico en plantas vasculares, actuando como parásitos obligados. El micelio se desarrolla dentro del hospedero intercelularmente emitiendo haustorios que penetran dentro de las células. Los esporangios salen del hospedero por las estomas, en cada género son ramificados en forma característica y sobre las cuales se forman los esporangios (Figura 350).

A los esporangios de este grupo se les denomina también conídias por el hábito generalizado que tienen de germinar directamente produciendo un tubo germinativo. Comprende varios géneros, todos ellos con características muy específicas.

Especies Enfermedad

Plasmopara viticola "Mildiu de la vid"

Peronospora effusa "Mildiu quinua espinaca"

Peronospora destrutor "Mildiu en cebolla"

Peronospora parasitica "Mildiu col"

Pseudoperonospora cubensis "Mildiu en cucurbitaceae

Bremia lactucae "Mildiu en lechuga"

Síntomas: Manchas cloróticas en el haz y en el envés presencia de una pelusilla blanquecina formada por esporangióforos y esporangios los que se agrupan dentro del grupo de signos denominado “Mildius” (Figura 351). Nótese que hemos hablado de mildius en la página 69 que corresponde al grupo taxonómico de la división Ascomycota. En conclusión, existen enfermedades denominadas “mildius” en los Peronosporomycetes y Erysiphales.

Figura 350. Morfología diferencial de las esporangiosporas que caracterizan a los géneros de *Plasmopara, Peronospora* y *Bremia* sp.

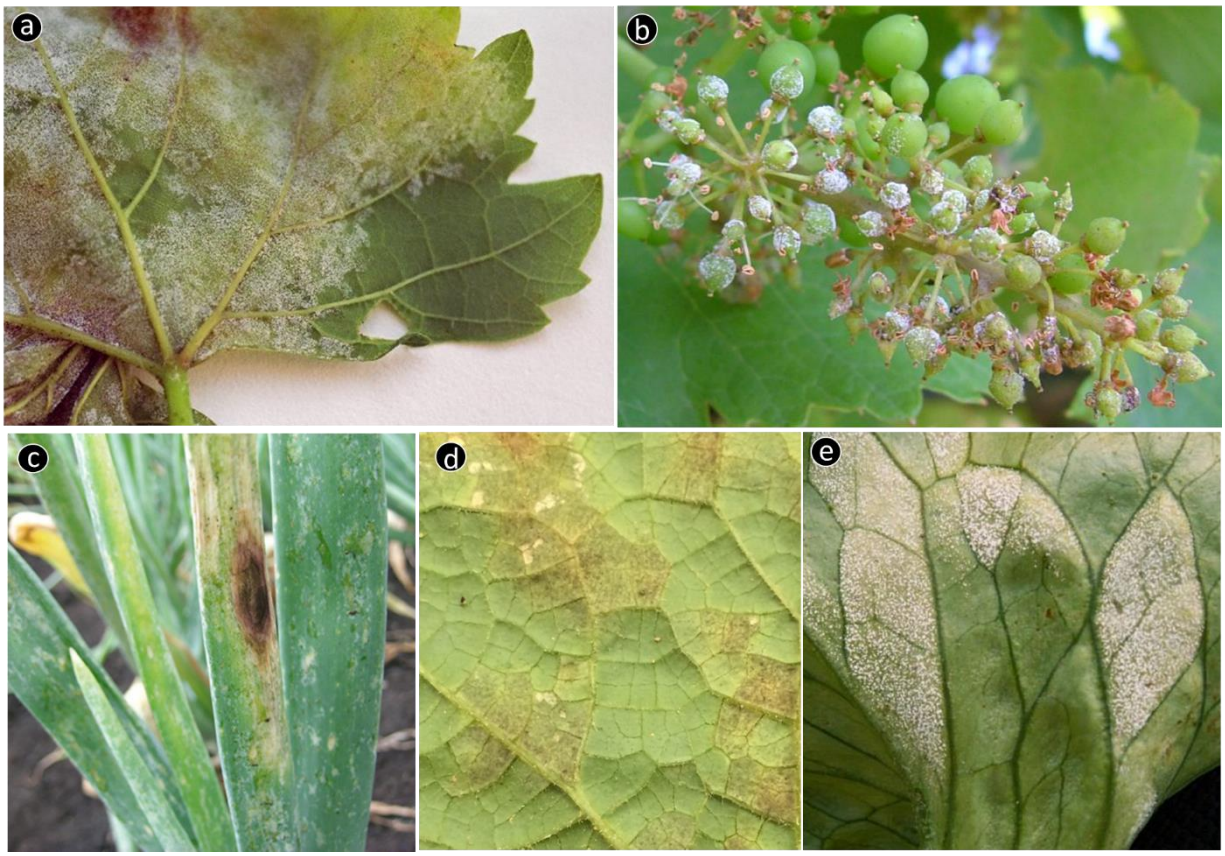


Figura 351. Síntomas y signos de mildius causados por Peronosporaceae en: uva (a y b), cebolla (c), Pepinillo (d) y lechuga (e). Fotos tomadas de:

https://gd.eppo.int/taxon/PLASVI/photos (a y b)
https://www.canr.msu.edu/news/downy_mildew_and_purple_blotch_are_here_in_michigan_onion_fields (c)
https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5553595 (d y e)

Familia : Albuginaceae

Son parásitos obligados de plantas superiores específicamente crucíferas, causando la enfermedad conocida como la "roya blanca". El micelio crece intercelularmente y emite haustorios nudosos que penetran dentro de las células. En este grupo existen diferencias morfológicas entre la hifa y los esporangióforos. Los esporangióforos, son de crecimiento definido, son cortos gruesos, claviformes, a partir de los esporangióforos se forman los esporangios en cadenas (Figura 352 b).

Genero:

Albugo candida

Enfermedad: "Roya blanca de las crucíferas

Síntomas: pústulas de color blanquecino en el envés de las hojas ((Figura 348 b).

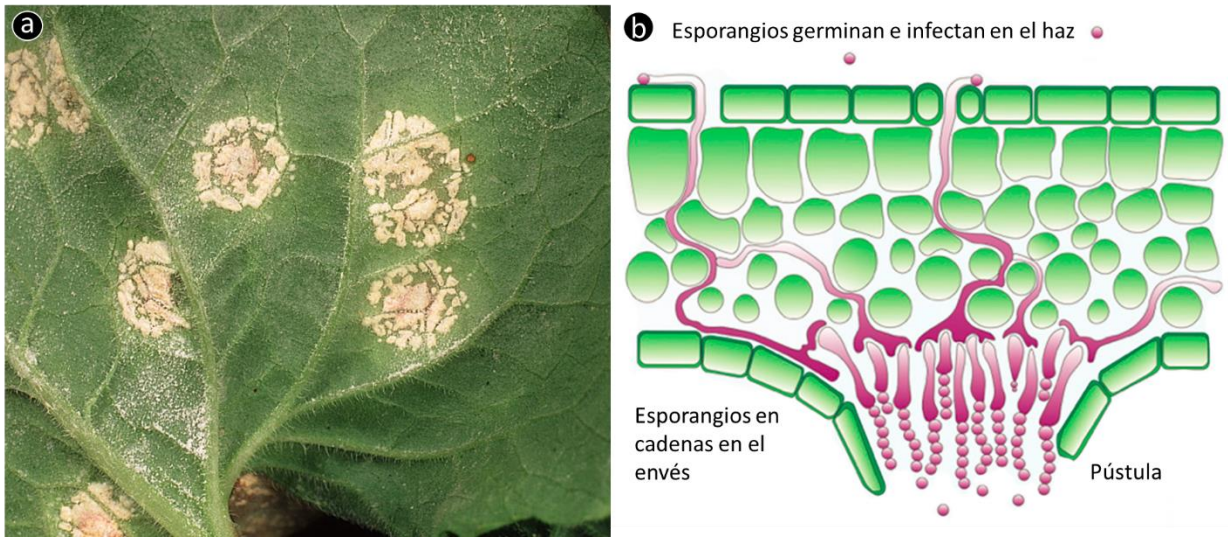


Figura 352. Síntomas y signos de la roya blanca causado por *Albugo candida* en hojas de nabo: Pústulas en el envés liberando esporangios (a). Infección y formación de la pústula. Fotos tomadas de:

https://www.mindenpictures.com/search/preview/white-blister-rust-albugo-candida-on-honesty-lunaria-annua-leaf/0_80109790.html (a)

https://bioone.org/journals/The-Arabidopsis-Book/volume-2019/issue-17/tab.0188/Oomycetes-Used-in-Arabidopsis-Research/10.1199/tab.0188.full (b)

16.1.3 Orden: Sclerosporales

Familia: Sclerosporaceae

Comprende a los géneros que causan mildius en gramíneas (cereales y pastos). Agrupa a los géneros *Sclerospora, Peronosclerospora* y *Sclerophthora*

Sclerospora graminícola “Mildiu en gramíneas” – pasto, trigo, avena

Sclerospora macrospara "Mildiu de la Caña de azúcar"

Peronosclerospora maydis “Mildiu del maíz”

Peronosclerospora sorgui “Mildiu del sorgo”

Nombre de la enfermedad: Mildiu del maíz

Agente causal: *Peronosclerospora maydis*

Tejidos que infecta: inflorescencias y hojas

Síntomas:

En las hojas causa clorosis que posteriormente se vuelven necróticas. Los síntomas de clorosis aparecen de 3 a 6 días después de la infección. En las hojas superiores se presenta severa clorosis severa. Algunas especies atrofian la panoja (inflorescencia masculina), formando un cogollo arrosetado de hojas filiformes (Figura 353). Algunas plantas pueden desarrollar mazorcas múltiples deformadas, en u cogollo de hojas. Principalmente afecta a plantas jóvenes, siendo más susceptibles antes del mes de edad.

Figura 353. Síntomas y signos de *Peronosclerospora maydis* agente casual del "Mildiu del maíz". Fotos tomadas de: https://www.allthedownymildews.com/graminicolous-downy-mildews.

17 LITERATURA CONSULTADA

Agrios, G. N. 1996. Fitopatología. 2da. De. Uteha. México. 836 pp.

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5 th ed. Elsevier Academic Press. New York, E. U.

Alexopoulos, C. J., C.W. Mims & M. Blackwell. 1996. Introductory Mycology. 4 th ed. John Wiley & Sons Inc. New York., E. U

Ames, Teresa. 1974. Fitopatología General. UNA - La Molina, Lima. 150 pp.

Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Lane, C.E., Lukeš, J., Bass, D., Bowser, S.S., Brown, M.W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., le Gall, L., Lynn, D.H., McManus, H., Mitchell, E.A.D., Mozley-Stanridge, S.E., Parfrey, L.W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C.L., Smirnov, A., Spiegel, F.W., 2012. The revised classification of eukaryotes. J. Eukaryotic Microbiol. 59, 429–493.

Deacon, J. 2006. Fungal Biology. 4 ed. Blackwell Publishing. Malden, E.U.

Blackwell M. 2011. The fungi: 1, 2, 3 … 5.1 million species?. American Journal of Botany 98(3): 426–438. 2011; https://doi.org/10.3732/ajb.1000298.

Begerow, Dominik & Stoll, Matthias & Bauer, Robert. (2007). A phylogenetic hypothesis of Ustilaginomycotina based on multiple gene analyses and morphological data1. Mycologia. 98. 906-16. 10.3852/mycologia.98.6.906.

Britannica Illustrated Science Library. 2008. Plants, Algae and Fungi. Britannica Illustrated Science Library Staff. International Standard Book Number (volume): 978-1-59339-803-3. UK. 56 p.

Barnett H. L. & B. B Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect. Fungi. Fourth Edition. APS Press. St. Paul , Minnesota, U.S.A.

Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorim, L. 1995. Manual de fitopatologia, principios e conceitos. v.1 3ra. Ed. Sao Paulo : Ceres, 919 p.

Carlile, M. J., S. C. Watkinson, G.W. Gooday. 2001. The Fungi. 2nd. ed. Academic Press. London, Inglaterra. 603 p.

Bruns T.D.; T.J White and J.W. Taylor 1991. Fungal molecular systematics. Annu. Rev. Eeol. Syst. 1991. 22:525-64.

Choi, J. J. and K. Sung-Hou. 2017. Fungal Tree of Life: A “genome tree”.Proceedings of the National Academy of Sciences Aug 2017, 114 (35) 9391-9396; DOI: 10.1073/pnas.1711939114.

Cavalier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 73: 203-266.

Cavalier-Smith T. 2004. Only six kingdoms of life. The Royal Society. Proc. R. Soc. Lond. B (2004) 271, 1251–1262. DOI 10.1098/rspb.2004.2705.

Catalogue of Life: 2020. 2020. Indexin the world´s new species. Naturalis Biodiversity Center. Recuperado de: https://www.catalogueoflife.org/col/browse/classification?d076bd7a3b8d5a88efd1654678464978

Cannon P. F & P. M. Kirk. 2007. Fungal families of the world. CABI. UK, Egham, Inglaterra. 456 p.

Debela Ch. y M. Tola. 2017. Review on Faba Bean Gall (Olpidium Viciea) ‘Qormid’ Disease and Its Managements in Ethiopia. Journal of Natural Sciences Research ISSN 2224-3186 (Paper) ISSN 2225-0921 (Online) Vol.7, No.17, 2017.

Díaz, Gonzalo A, Auger, Jaime, Besoain, Ximena, Bordeu, Edmundo, & Latorre, Bernardo A. (2013). Prevalence and pathogenicity of fungi associated with grapevine trunk diseases in Chilean vineyards. *Ciencia e investigación agraria*, *40*(2), 327-339. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202013000200008

Deacon, J. 2006. Fungal Biology. Fourth Edition. Blackwell Publishing. Malden. 380 P.

Dennis, R.W.G. 1968. British Ascomycetes. J. Cramer Publisher In Lhere. Printed Germany.493 p.

Dick, M. W. 2001a. Straminipilous fungi. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Norwell, U.S.A. 670 p.

Dick, M. W. 2001b. The Peronosporomycetes. Pp. 39-72. En: McLaughlin D.J., E.G. McLaughlin & P.A. Lemke (Eds.) The Mycota. Vol. VIIA. Systematics and evolution. Springer, New York, U.S.A.

Druzhinina, I.S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B., Kenerley, C., Monte, E., Mukherjee, P., Zeilinger, S., Grigoriev, I., & Kubicek, C. 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. Nature Reviews Microbiology, 9, 749-759.

Elad Y., B. Williamson; Tudzynski P. and N. Denle. 2007. Botrytis: Biology, Pathology and Control. Dordrecht, The Netherlands. Springer. 412 p.

Poggeler S. and J. Wostemeyer 2011. Evolution of Fungi and Fungal-Like Organisms. InThe Mycota: A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research Edited by Esser K. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. 366 p.

Eldor A. Paul. Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry. THIRD EDITION. Academic Press is an imprint of Elsevier. Oxford, UK. 535 p.

Ellis, M. B. 1976. More Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew. Surrey, U.K.

Ellis, M. B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

Galli, F. 1978. Manual de Fitopatología. Vol I. Principios y conceptos. 2da. edición. 270

Hawksworth, D. L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1·5 million species estimate revisited. Mycological Research,105:1422-1432.

Hanson, J R. 2008. The Chemistry of Fungi. Published by The Royal Society of Chemistry. Cambridge CB4 0WF, UK. 231 p.

Horst R. K. 2013. Westcott‘s Plant Disease Handbook. Eighth Edition. Springer Science+Business Media Dordrecht. 822 p.

Hawksworth, D. L., P.M. Kirk, B.C. Sutton & D.N. Pegler. 1995. Ainsworth & Bisby’s Dictionary of the Fungi. 8 th edition, CAB International. Wallingtord. Inglaterra.

Hanlin, R.T. 1990. Illustrated genera of Ascomycetes, Vol 1. APS Press, Minnesota. EE. UU. 263 p

Hanlin, R.T. 1998. Illustrated genera of Ascomycetes, Vol 2. APS Press, Minnesota. EE. UU. 258 p.

Herrera, T. & M. Ulloa. 2004. El reino de los hongos: micología básica y aplicada. 2 nd ed. Fondo de Cultura Económica, Universidad Autónoma de México, México.552 p.

Index Fungorum. 2020. Search Index Fungorum. Inglaterra. Recuperado de: http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp.

Isagie, Cobus & Houbraken, Jos & Frisvad, Jens & Hong, Seung-Beom & Klaassen, Corné & Perrone, Giancarlo & Seifert, Keith & Varga, Janos & Yaguchi, Takashi & Samson, Robert. 2014. Identification and nomenclature of the genus Penicillium. Studies in Mycology. 78. 343-371. 10.1016/j.simyco.2014.09.001..

Kirk, P. M, P.F. Cannon., D. W. Minter & J.A. Stalpers. 2008. Dictionary of the Fungi, 10th ed. CABI Publishing. Inglaterra

Leslie J.F.; Bandyopadhyay R. and Visconti A. 2008. Mycotoxins: Detection Methods, Management Public Health and Agricultural Trade. CAB International. Printed and bound in the UK by Cromwell Press. 496 p.

Lacomme C.2015. Plant Pathology Techniques and Protocols. Second Edition. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. 365 p.

Lowenfels J. 2017. Teaming with Fungi: The Organic Grower's Guide to Mycorrhizae. Timber Press. 121 p.

Marin, Yasmina & Cheewangkoon, Ratchadawan & Crous, Pedro. (2017). New species and records of Bipolaris and Curvularia from Thailand. Mycosphere. 8. 1555–1573. 10.5943/mycosphere/8/9/11.

More D. 2013. Fungal biology in the origin and emergence of life. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. 237 p.

Moore D.; D. Geoffrey; A. Robson y P. Trinci. 2011.21st Century Guide book to Fungi. Published in the United States of America by Cambridge University Press, NY. 705 p.

Moore, R. T. 1990. The Genus Lalaria Gen. Nov. Taphrinales Anamorphosum. Mycotaxon, 38:315-330.

MANNERS, J.G. 1986. Introducción a la Fitopatología. Editorial Limusa, Argentina. 272p.

Morton, J. B. 1988. Taxonomy of VA Mycorrizhal fungi; classification, nomenclature and identification. Mycotaxon, 32: 267-324.

Narayanasamy P. 2011. Microbial Plant: Pathogens-Detection and Disease Diagnosis. Vol. 1. Fungal Pathogens. Springer Science+Business Media B.V. 2011. 316 p.

NCBI taxonomy last update. 2020.Life Map. USA. Recuperado de: http://lifemap-ncbi.univ-lyon1.fr/?tid=681950.

Nelson, P., T. A. Toussoun & W. F. Marasas. 1983. Fusarium Species, An Illustrated Manual for Identification. The Pennsylvania State University Press, Pennsylvania, E.U. 193 p.

Waller J.M., J.M. Lenné and S.J. Waller 2002. Plant Pathologist's Pocketbook 3rd Edition. CAB International. Printed and bound in the UK by Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn. 527 p.

Petersen J.H. 2013.The Kingdom of Fungi. Princeton University Press, 272 p.

Pirrello C., Ch. Mizzotti, T. Tiago, M. Colombo, P. Bettinelli, D. Prodorutti, E. Peressotti, L. Zulini, M. Stefanini, G. Angeli, S. Masiero, L. Welter, L. Hausmann, S. Vezzulli. 2019. Emergent Ascomycetes in Viticulture: An Interdisciplinary Overview. Frontiers in Plant Science. Vol 10. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2019.01394.

Prusky, D., & Lichter, A. 2007. Activation of quiescent infections by postharvest pathogens during transition from the biotrophic to the necrotrophic stage. *FEMS Microbiology Letters, 268*, 1–8.

Ploetz R.C. Diseases of Tropical Fruit Crops. CAB International.UK. 574 p.

Rai, M. and PD Bridge. 2009. Applied mycology. CAB International. London, UK. 318 p.

Ruiz-Herrera J. 2011. Fungal Cell Wall Structure, Synthesis, and Assembly Second Edition. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Irapuato, Mexico. CRC Press Taylor & Francis Group.191 p.

Qiu JH, Meng S, Deng YZ, Kou YJ. 2019. Ustilaginoidea Virens: A fungus infects rice flower and threats world rice production. Rice Sci 26:199–206.

Rossman, A. Y., & Palm-Hernández, M. E. (2008). Systematics of plant pathogenic fungi: why it matters. Plant Disease, 92(10), 1376-1386.

Ruiz-Herrera J. et al. (2019) The Developmental History of Ustilago maydis: A Saprophytic Yeast, a Mycelial Fungus, Mushroom-Like, and a Smut. In: Satyanarayana T., Deshmukh S., Deshpande M. (eds) Advancing Frontiers in Mycology & Mycotechnology. Springer, Singapore

Ruggiero MA, Gordon DP, Orrell TM, Bailly N, Bourgoin T. (2015). Correction: A Higher Level Classification of All Living Organisms. PLOS ONE 10(6): e0130114. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130114 View correction.

Spatafora, J. W., Chang, Y., Benny, G. L., Lazarus, K., Smith, M. E., Berbee, M. L., Stajich, J. E. 2016. A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. Mycologia, 108(5), 1028–1046. doi:10.3852/16-042

Spatafora, J. 2007. Pezizomycotina. En: The Tree of Life Web Project, http://tolweb.org/. [En línea]. Disponible en: http://tolweb.org/Pezizomycotina/29296/2007.12.19

Sachin K.J., K. Khilari, M. Dongre y S. Pal. 2019. Occurrence of Bakanae Disease of Rice in Western Uttar Pradesh, India. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci (2019) 8(5): 207-212. DOI: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.805.025

Saharan G. S. and N. Mehta.2008.Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management. Springer Science+Business Media B.V. 531 p.

Samuels, G. J. 2004. Trichoderma a guide to identification and biology. United States Dept. of Agricultural Research Service. Beltsville, U.S.A. 341 P.

Hibbett D. S., M. Binder, J. F. Bischoff, M. Blackwell, P. F. Cannon, O. E. Eriksson, S. Huhndorf, T. James, P. M. Kirk, R. Lücking, H.Thorsten Lumbsch, F. Lutzoni, P. B. Matheny, D. J. Mclaughlin, M. J. Powell, S. Redhead, C. L. Schoch, J. W. Spatafora, J. A. Stalpers, R. Vilgalys, M. C. Aime, A. Aptroot, R. Bauer, D. Begerow, G. L. Benny, L. A. Castlebury, P. W. Crous, Y. Dai W. Gams, D. M. Geiser, G. W. Griffith, C. Gueidan, D. L. Hawksworth, G. Hestmark, K. Hosaka, R. A. Humber, K. D. Hyde, J. E. Ironside, U. Köljalg, C. P.Kurtzman, K. H. Larsson, R. Lichtwardt, J. Longcore, J. Miadlikowska, A. Miller, J. M. Moncalvo, S. Mozley Standridge, F. Oberwinkler, E. Parmasto, V. Reeb, J. D. Rogers, C. Roux, L. Ryvarden, J. P. Sampaio, A. Schübler, J. Sugiyama, R. G. Thorn, L. Tibell, W. A. Untereiner, C. Walker, Z. Wang, A. Weir, M. Weiss, M. M. White, K. Winka, Y. Yao, N. Zhang. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. Mycological Research 111: 509-547.

Schoch C.L.; Sung GI-Ho. (+ 58 autores). 2009. The Ascomycota Tree of Life: A Phylum-wide phylogeny Clarifies the Origin and Evolution of Fundamental Reproductive and Ecological Traits. Syst.Biol.58(2):224–239,2009. DOI:10.1093/sysbio/syp020

Sutton, D. A. 1980. The Coelomycetes. Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Common Wealth Mycological Institute Kew, Surrey. England. 696 p.

Sansom R.A.; H. C Evans, J.P Latgé. 1989. Atlas of Entomopathogenic Fungi. Springer-Verlag. 187 p.

Tanaka, Eiji & Ashizawa, Taketo & Sonoda, Ryoichi & Tanaka, Chihiro. (2008). Villosiclava virens gen. nov., comb. nov., teleomorph of Ustilaginoidea virens, the causal agent of rice false smut. Mycotaxon -Ithaca Ny-. 106. 491-501.

Ulloa, M. & R. Hanlin. 2006. Nuevo Diccionario Ilustrado de Micología. APS Press, ST Paul Minnesota, Estados Unidos. Pp. 1-573.

Usha-Sarma P. 2006. Biochemistry of the microbes. Fungal biochemistry and applications. Indian Agriculture Research Institute. New Delhi – 110 012. 42 p.

Vélez, Carlos & Letcher, Peter & Schultz, Sabina & Powell, Martha & Churchill, Perry. (2010). Molecular phylogenetic and zoospore ultrastructural analyses of Chytridium olla establish the limits of a monophyletic Chytridiales. Mycologia. 103 (1). Pp 118-130. DOI: 10.3852/10-001

Varma A. and Amit C. Kharkwal. 2009. Symbiotic Fungi: Principles and Practice. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. 444 p. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-540-95894-9.

Von Arx J. A. and E. Müller. 1975. A Re-evaluation of the bitunicate ascomycetes with keys to families and genera. Studies in Mycology No. 9. 159 p. Recuperado de: https://www.studiesinmycology.org/sim/Sim09/fulltext.htm

Webster J. y Weber, R., 2007. Introduction to fungi, 3th. edition, Cambridge Unversity Press. 875 p.

Whittaker, R.H. 1969. New concepts of kingdoms of organisms. Science, 163: 150-160

18 GLOSARIO

Acérvulo: las conídias formados por conidióforos cortos que se originan dentro del tejido de las plantas en forma subcuticular o subepidermal y emergen rompiendo la epidermis al completar su madurez. Formado por hongos fitopatógenos como *Colletotrichum* sp.

Acrópeta: referente a una estructura donde las conídias son producidas sucesivamente uno a partir del otro estando el más joven en el ápice, por ejemplo: conidios del género *Monilia* sp. Comparar con basípeta.

Aerobio: organismo que para crecer necesita imprescindiblemente de oxígeno libre.

Aflatoxina: metabolito secundario producido especies de *Aspergillus* y *Penicillium* sobre cereales, granos de cacao, café, almidón, retos de alimentos, etc. Son micotoxinas con efecto cancerígeno, neurotóxico y genotóxico.

Agalla: crecimiento anormal del tejido de las plantas donde se encuentra el patógeno.

Aislar: en fitopatología es la técnica de transferir estructuras propagativas o micelio existente dentro o fuera del tejido del hospedante a un medio de cultivo para lograr su desarrollo.

Anamorfo: estructuras formadas en la fase asexual de los hongos. También llamada fase imperfecta, conidial propagativa o mitótica; producen sus conidias por mitosis.

Anastomosis de hifas: unión de hifas a través de un puente, permitiendo el intercambio de sus contenidos y formando un solo micelio que se convierte en heterocariótico.

Anisogametos (heterogametos): Gametos funcional y morfológicamente diferentes dos organismos se repelen o se perjudican entre sí. Uno de los dos perjudica la vida del otro, ya sea inhibiendo parcial o totalmente su crecimiento e incluso matándolo.

Antagonista: microorganismo que impide o retarda el crecimiento de otro, por ejemplo, el antagonismo de *Trichoderma* sp. a hongos fitopatogénos

Anteridio: órgano sexual masculino que contiene a los gametos. En los Ascomycota y Peronosporomycetes.

Anterozoide: gameto masculino móvil en los Peronosporomycetes.

Antracnosis: tipo de mancha sobre hojas o frutos, generalmente negras y deprimidas, ocasionada por hongos que producen sus conídias en un acérvulo. Ejemplo: *Colletotrichum* sp.

Aplanospora: espora no móvil, sin flagelo opuesto a planospora. Espora formada en el esporangio asexual de los hongos Mucoromycetes.

Apresorio: extremo hinchado de una hifa o tubo germinativo que facilita la fijación y penetración de un hongo en su hospedante

Apotecio: tipo de cuerpo fructífero siempre abierto en la madurez, en forma de disco, plato o copa. Propio de la familia Sclerotiniaceae

Apresorio: estructura vegetativa propia de hongos biotrofos o hemibiotrofos que le permiten fijarse a la célula de su hosdepante.

Arbúsculo: hifas ramificadas de aspecto arbóreo que forman las micorrizas arbusculares (MA o MVA) en el interior de las células de las raíces de las plantas.

Asca: estructura en forma de saco, globoso o cilíndrico, en cuyo interior ocurre cariogamia y meiosis para formar las

ascosporas generalmente en número de ocho. Pueden ser libres o desnudos o estar contenidos en algún tipo de fructificación o cuerpo fructífero. Propio de los Ascomycota.

Ascocarpo: cuerpo fructífero donde se producen las ascas. Propio de los Ascomycota.

Asca desnuda: asca que se forma libremente, no contenido en ninguna fructificación o ascocarpo. Este es el caso de las ascas de *Saccharomyces* y *Taphrina*.

Ascogonio: gametangio femenino de los Ascomycota.

Ascospora: espora haploide de origen sexual formada dentro de los ascos. Se forman típicamente ocho, aunque a veces se pueden producir menos o más de ocho; pero siempre sub multiplo o multiplo de ocho.

Ascostroma: ascocarpo estromático caracterizado por presentar cavidades o lóculos, por ejemplo: *Mycosphaerella* sp.

Aseptado: se refiere a una estructura sin septos, por ejemplo: micelio cenocítico o aseptado.

Asexual: sin la fase sexual. Se dice de la reproducción que no involucra la formación del cigoto, por ejemplo: en los hongos llamados imperfectos, conidiales o mitospóricos.

Autoico: en los Pucciniomycota cuando el ciclo biológico de la roya se completa en la misma planta

Autótrofo: que utiliza sustancias minerales como nutrientes. Los hongos son heterótrofos,

B

Biflagelado: se refiere a esporas con dos flagelos. Zoosporas de los Pythiales.

Basidia: estructura en forma de maza que sostiene a las basidiosporas. Propio de los Basidiomycota.

Basidiocarpo: todo tipo de cuerpo fructífero que contiene basidias y produce basidiosporas. Propio de los Basidiomycota.

Basidioma: En general cualquier estructura que produce basidios, ya sea en una simple capa de basidios o en un esporóforo de distinto grado de complejidad según las modalidades que se presentan en los Basidiomycota.

Basidiospora: espora de origen sexual haploide, formada externamente en las basidias, generalmente en número de cuatro. Propio de los Basidiomycota.

Basípeta: referente a una estructura donde las conídias en cadena son producidos sucesivamente, y donde la conídia basal es el más joven. Ejemplo en *Moniliophthora roreri.*

Biotrófico: Organismo parásito que obtiene nutrientes de tejidos vivos y cuya subsistencia depende de vivo el hospedante.

C

Célula conidiogénica o conidiógena: porción de una hifa, morfológicamente diferenciada o no, que produce las conidias.

Celulosa: Polisacárido que tiene centenares de moléculas de glucosa unidas en una cadena y se encuentra en la pared celular de las plantas y algunos pseudohongos.

Cenocítico: en hongos y pseudohongos, el término es usado para definir que sus hijas no tienen septa o tabique.

Clamidospora: estructura conservativa o conídia tálica de paredes gruesas y citoplasma denso que se origina en las hifas en posición terminal o intercalar y no se desprende fácilmente. También se producen de las macroconidias cmo es el caso de *Fusarium* sp.

Cleistotecio: tipo de fructificación, pequeña, globosa y completamente cerrada, delimitada por un peridio, que contiene ascas de paredes dehiscentes, distribuidos

al azar en su interior. No posee himenio. Propio de algunos Ascomycota.

Colonia: Término que indica el crecimiento in vitro de un microorganismo.

Conídia: estructura propagativa de origen asexual, que se desprende fácilmente del conidióforo que es la estructura que lo forma.

Conidióforo: hifa especializada sobre la cual se forman conidios externamente.

Cuerpo fructífero: estructura compleja de los hongos que contiene basidiosporas, ascosporas o conídias.

Cutina: Sustancia cerosa que forma la capa interna de la cutícula.

E

Ectomicorriza: tipo de relación micorrízica en la que las hifas del hongo envuelven la raíz o penetran en sus capas superficiales, en el espacio intercelular, no en el interior de las células de su hospedate.

Endobiótico: organismo que vive dentro de otro ser vivo.

Endófito: término usado para el organismo que vive en el interior de una planta viva, sin producir síntomas. Se emplea en el control biológico

Endomicorriza: tipo de relación micorrízica, en que las hifas de un hongo penetran en el interior de las células de la raíz de la planta hospedante.

Equinulado: se dice de esporas con pequeñas salientes en forma de pequeñas espinas. Ejemplo las uredosporas de *Hemileia vastatrix*.

Esclerotes: estructura dura, persistente, formada por una masa de hifas compactas, plectenquimatosas, generalmente con melanina en la capa externa, pueden ser macroscópicos o microscópicos. Tienen sustancias de reserva y permanecen latentes por largos periodos, germinando en condiciones favorables.

Espermogonio: Estructura que forma espermacios (masculino) e hifas receptivas (femeninas), antes llamado picnia en los Pucciniomycotina.

Esporangio: estructura generalmente en forma de saco, donde por segmentación del protoplasma se producen esporas. Puede contener numerosas esporangiosporas que son liberadas en su madurez.

Esporangióforo: hifa especializada que sostiene los esporangios.

Esporangiospora: nombre dado a cualquier espora que se forma dentro de un esporangio.

Espora: unidad de propagación que funciona como una semilla, pero se diferencia de ésta porque no presenta un embrión preformado. En los hongos pueden ser de origen sexual o asexual.

Esporodoquio: estroma en forma de cojín cubierto por conidióforos donde se forman conidias. Es un tipo de conidioma característico de la fase asexual de algunos hongos Hifomycetes. Ejemplo *Fusarium* sp.

Esporulación: término usado para designar el momento de la formación de esporas ya sean de origen sexual o asexual.

Esterigma: proyección en la basidia que sostiene una basidiospora.

Estípite: pie que soporta el píleo en los Basidiomycota y ascocarpos en algunos Ascomycota.

Estroma: estructura somática compacta, formada por hifas entrelazadas, en la cual se forma algún tipo de fructificación, por ejemplo: Xylaria (Ascomycota), donde se forman peritecios.

Eucárpico: se refiere a un organismo que forma las estructuras reproductoras en determinadas porciones del talo y continúa efectuando sus funciones somáticas.

Etiología: se refiere a las causas de las enfermedades

F

Fase asexual: ciclo reproductivo del hongo y pseudohongos en las que no intervienen los gametos. Se desarrolla en condiciones favorables.

Fase diploide: parte del ciclo de vida en el cual el hongo posee núcleos con un número 2n de cromosomas.

Fase haploide: parte del ciclo de vida en el cual el hongo posee un número n de cromosomas.

Fase sexual: ciclo de vida de un hongo o pseudohongo en el que forman estructuras propagativas a través de la fecundación de gametos femeninos y masculinos.

Fecundación o fertilización: unión de dos gametos o núcleos gaméticos para la formación de un cigoto.

Fecundación cruzada: fecundación por unión de gametos originados en gametangios producidos en talos diferentes. Basidiomycotas.

Fiálide: célula conidiógena determinada, generalmente en forma de botella o en punzón, que produce numerosos conidios por un punto fértil. Éstos se producen sucesivamente en forma basípeta y pueden formar cadenas secas o falsas cabezas.

Fíbula: conexión en grapa o gancho, característica del micelio secundario de algunos Basidiomycota, que permite el mantenimiento del estado dicariote.

Filamentoso: en los hongos un micelio filamentoso es constituido por hifas tubulares, estrechas o anchas, generalmente muy ramificadas.

Filiforme: con forma de hilo, esto es, largo y delgado.

Fitopatógeno: término que se aplica a los microorganismos que producen enfermedades en las plantas

Flagelo: estructura fibrilar, en forma de pelo, cuerda o pluma móvil y flexible que sirve como elemento locomotor de células móviles.

Fructificación: en micología se dice de la formación de cuerpos fructíferos de los hongos. La fructificación es cualquier estructura fúngica que contiene esporas de origen sexual.

Fumagina: crecimiento de hongos epífitos principalmente del género *Capnodium*, que utilizan como fuente de nutrientes los exudados azucarados de insectos parásitos que se encuentran en las ramas y hojas donde crecen.

Fúngico: propio de los hongos o relativo a ellos.

G

Gameto: célula sexual de origen meiótico, especializada para la fecundación. Son haploides.

Gametangios: nombre de los órganos sexuales de los hongos.

Germinación: conjunto de cambios fisiológicos y morfológicos que presentan los propágulos (esporas y conidios) de los hongos y que culminan con la formación de un nuevo individuo.

H

Haploide: célula de un organismo (n) con un solo juego de cromosomas característicos de la especie.

Haustorio: órgano de absorción de forma variable que presentan los hongos parásitos obligados que forman hifas intercelulares. Éstas forman estructuras que penetran la pared de las células del hospedero sin

romper la membrana celular para realizar la toma de nutrientes.

Heterotálico: organismo que para realizar la reproducción sexual necesita de dos talos compatibles. Son autoestériles.

Heterótrofo: organismo incapaz de producir compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicos, se nutren de materia orgánica elaborada por otros seres vivos o muertos.

Hialino: estructura incoloro o transparente

Hifa: es la unidad estructural de los hongos y algunos pseudohongos. Son filamentos tubulares cuyo conjunto se le llama micelio.

Hifa ascógena: hifa especializada (n+n) que origina las ascas. Se forma en el ascogonio después de la fertilización e inicia la formación de la fructificación.

Himenio: estrato fértil constituidas por hifas especializadas, ascógenas o basidiógenas que forman ascas, ascosporas y basidias con basidiosporas respectivamente. Frecuentemente presentan elementos estériles asociados.

Hipertrofia: aumento anormal del tamaño de las células del hospedante producido por algún parásito.

Holocárpico: Se refiere a un organismo cuyo talo se convierte totalmente en una o más estructuras reproductoras, como en Olpidium (Chytridiomycota).

Holomorfo: dícese de aquellos hongos que desarrollan en su ciclo de vida la fase sexual y asexual.

Homotálico: organismo que completa su ciclo de vida sexual y asexual a partir de un único talo, es autofértil.

Hospedante: Organismo vivo que aloja un parásito.

Hospedante alternante: una de las especies de planta que necesita el parásito para completar su ciclo de vida.

I

Infección: establecimiento de un parásito dentro de una planta hospedante

Inoculación: llegada o transferencia de un patógeno a su hospedante.

Inóculo: cualquier parte de un hongo (esporas, conidios, micelio, etc.) que es transferido a un medio de cultivo o a un hospedero susceptible.

Inóculo primario: unidad propagativa o conservativa que sobreviven al invierno y que ocasionan las infecciones primarias.

Inóculo secundario: unidad propagativa formada por el inoculo primario y que produce por las infecciones durante el ciclo de clltivo.

Intercelular: que se encuentra entre las células, por ejemplo: las hifas de las ectomicorrizas y de muchos hongos parásitos cuyos micelios crecen entre las células del tejido vegetal del hospedero.

Intracelular: que está dentro de la célula, por ejemplo: las hifas de las endomicorrizas y de hongos parásitos que se desarrollan dentro de las células del tejido vegetal.

L

Levaduras: nombre común para los hongos unicelulares de los filos Ascomycota o Basidiomycota.

Lignícola: que crece y vive sobre madera

Liquen: asociación entre alga (ficobionte) y hongo (micobionte) en la cual los dos componentes están entrelazados de tal manera que forman un único talo fisiológicamente equilibrado. El hongo se alimenta de los productos elaborados por el alga, que está protegida por sus hifas.

Lóculo: pequeña cavidad. En determinados Ascomycota es el lugar de la formación de las ascas en el estroma.

M

Macroconidia: Término usado para el conidia de mayor tamaño formada por un hongo que forma dos tipos de conidias. Por ejemplo, *Fusaium* sp.

Medio de cultivo: sustrato de composición química, equilibrada que se emplea en el laboratorio para cultivar microorganismos. Los medios pueden ser líquidos o sólidos.

Meiosis: división reduccional de los núcleos diploides. En este proceso ocurren dos divisiones consecutivas, una de las cuales es reductora. Como resultado de la meiosis se producen cuatro núcleos haploides.

Metabolito: cualquier sustancia producida como intermediario químico en las reacciones catalizadas por enzimas del metabolismo.

Micelio: conjunto de hifas que constituyen el cuerpo (talo) de un hongo.

Micelio primario: micelio haploide producido por la germinación de una basidiospora.

Micelio secundario: micelio dicariótico que resulta de la fusión por somatogamia de hifas de dos micelios primarios con núcleos compatibles. Por ejemplo, en los Agaricomycotina.

Micología: ciencia que estudia los hongos.

Micoparásito: hongo que parasita otro hongo. Antes denominado hiperparásito.

Micorriza: asociación entre hifas fúngicas y raíces de plantas. Relación equilibrada gracias a la cual ambos organismos obtienen ventajas.

Micorrizas ectotróficas: sinónimo de ectomicorrizas

Micotoxina: nombre genérico usado para cualquier toxina resultante del catabolismo de los hongos.

Microconidio: la conídia más pequeña cuando un hongo presenta dos tipos de conidias. Por ejemplo, *Fusarium* sp.

Microesclerocio o microsclerocio: esclerocio de tamaño pequeño y formado por pocas células de color oscuro y paredes más o menos gruesas, como los de *Verticilliun dahlie* y *Rhizoctonia*.

Mildiu: micelio y estructuras de reproducción de hongos parásitos obligados de plantas que crecen abundantemente en la superficie de hojas, tallos, etc; con aspecto pulverulento, por esto son llamados cenicillas. Pueden ser de dos tipos: mildiu polvoso, producido por hongos Ascomycota, y mildiu velloso producidos por hongos del orden Peronosporales.

Mitosis: proceso de división de los núcleos eucarióticos, produciendo dos núcleos con igual información genética. Ocurre tanto en las células diploides como haploides.

Mitospora: propágulo que se origina por mitosis.

Moho: término usado para colonias de hongos con aspecto filamentoso o algodonoso que se desarrolla en restos de alimentos, frutos o granos almacenados.

Monocariótico: que contiene un solo tipo de núcleo.

Monofiálide: fiálide que presenta un solo punto fértil por donde emergen los conidios.

Monofilético: grupo de organismos con un ancestro común.

Morfología: rama de la ciencia que estudia la formación y la dimensión de los organismos, determinando semejanzas y diferencias.

Mutación: cambio accidental en la constitución genética de un organismo que se hereda. Alteración en el carácter de un gen que se perpetúa en subsecuentes divisiones de la célula.

N

Necrosis: muerte de las células o tejidos. Término frecuentemente aplicado a las manchas provocadas por un parásito en un hospedante vegetal cuando el tejido se necrosa.

Necrotrofo: organismo parásito que mata las células del hospedante para luego alimentarse de ellas

O

Oogonio: gametangio femenino que contiene oosferas. Propio de los Peronosporomycetes.

Oosfera: gameto femenino grande, inmóvil. Formado en un oogonio

Oospora: espora de origen sexual (cigoto). Formada dentro del oogonio a partir de la oosfera fecundada. Espora de resistencia, propia de los Oomycota o Peronoporomycetes.

Ostiolo: pequeña abertura que se encuentra en estructuras de reproducción tanto sexuales como asexuales tales como peritecios y picnidias, que permite la liberación de las esporas, ascas y conídias.

Paráfisis: hifa estéril, filamentosa generalmente presente entre las ascas en el himenio de peritecios y apotecios.

Parásito: organismo que vive a expensas de otro y lo daña.

Parásito facultativo: organismo que según las circunstancias es capaz de infectar a otro organismo vivo pero normalmente puede crecer como saprofito.

Parásito obligado: organismo que sólo puede obtener alimento del protoplasma vivo de otro. Los parásitos obligados no pueden ser cultivados en laboratorio, porque no crecen en medios de cultivo conocidos.

Parasexualidad: proceso donde ocurre plasmogamia, cariogamia y haploidización, sin que ocurra en un tiempo y lugar determinados del ciclo de vida de un hongo. En los hongos filamentosos que presentan este fenómeno obtienen los beneficios de la reproducción sexual, como la formación de recombinantes sin tener que formar órganos sexuales.

Patogenicidad: capacidad de un organismo de producir enfermedad. La intensidad, grado o medida de patogenicidad se llama virulencia.

Patógeno: organismo capaz de producir enfermedades en animales o plantas.

Perífisas: hifas estériles cortas, como pelos, que se encuentran en el interior de la porción terminal del peritecio.

Peritecio: tipo de ascocarpo en forma de botella o pera con un poro apical y dentro del cual se encuentran los ascos en un himenio. Los peritecios pueden estar libres o inmersos en un estroma. Propio de algunos Ascomycota.

Picnidia: cuerpo fructífero en forma de botella o pera que produce en su interior conidióforos y conídias que so liberados por un poro apical (ostiolo).

Píleo: porción del cuerpo fructífero que soporta el himenóforo en los Basidiomycota.

Planogameto: gameto móvil, con flagelos.

Plasmodio: masa protoplasmática multinucleada, sin pared celular que se desliza y se alimenta de forma ameboide.

Plasmogamia: fusión de dos protoplastos, con este evento comienza la reproducción sexual que luego seguirá con la cariogamia y por último la meiosis.

Plecténquima: término general empleado para designar los tipos de tejidos fúngicos.

Pleomórfico: organismo que presenta dos o más formas distintas, ocurriendo en el mismo ciclo de vida, por ejemplo: los hongos que presentan la forma perfecta

(teleomórfica) y la imperfecta (anamórfica).

Polifilético: se dice de los organismos que no tienen un ancestro común.

Propágulo: estructura que funciona como unidad de propagación de los hongos. Pueden ser: zoosporas, conidias, ascosporas, basidiosporas u otro tipo de esporas. En los líquenes: isidios, soredios, porciones de talo, etc.

Promicelio: término usado para el tubo germinativo que nace de la teliospora donde ocurre la meiosis y forma las basidiosporas, en los carbones y royas.

Prosénquima: tipo de plecténquima o tejido fúngico en el cual las hifas que lo forman se disponen paralelamente y no pierden su individualidad.

Pústula: pequeña elevación formada por la aglomeración de esporas, que sobresalen del tejido epidérmico.

Q

Quiescente: dícese de patógenos quiescentes de aquellos que causan infecciones latentes hasta que ocurren cambios fisiológicos en el hospedante y se activa su parasitismo. Ejemplo, *Colletotrichum* en frutas y hortalizas.

Quitina: glucoproteína que se encuentra en cantidad variable en la pared celular de la mayoría de los hongos y que también es encontrada en la composición del revestimiento protector de los artrópodos.

R

Raza: categoría infra específica que presenta determinados caracteres comunes, por ejemplo: determinadas razas de especies de hongos patógenos que atacan selectivamente variedades de plantas cultivadas.

Reproducción asexual: proceso de formación de nuevos individuos sin la intervención de gametos o núcleos compatibles. Las unidades propagativas de la reproducción asexual de los hongos son: conídias, zoosporas, aplanosporas, etc.

Reproducción sexual: proceso de formación de nuevos individuos a través de la plasmogamia, cariogamia y meiosis, posibilitando así una variabilidad genética de la especie. Las esporas de la reproducción sexual de los hongos son: oosporas, zigosporas, ascosporas y basidiosporas.

Rizoide: estructura delicada y simple, semejante a una raíz, que absorbe los nutrientes, visible en los representantes del género *Rhizopus*.

Rizomorfos: estructura común en los hongos Basidiomycota. Se caracteriza por ser agregados de hifas diferenciadas con apariencia de cordón, monocarióticas o dicarióticas. Son estructuras conservativas.

S

Saprófito: organismo heterotrófico que utiliza como alimento una sustancia orgánica producida por otros.

Saprófito facultativo: organismo parásito que según las circunstancias es capaz de continuar creciendo sobre materia orgánica muerta, generalmente del propio hospedero en descomposición.

Septado: dícese de hifas, esporas o conídias que poseen paredes transversales o longitudinales que dividen las células en compartimentos.

Septa: pared transversal en las hifas que limitan las células. Las septas en una hifa pueden ser simples como en el micelio de los Ascomycota o de tipo doliporo como en muchos hongos de los Basidiomycota.

Septa doliporo: ultraestructura compleja formada por el engrosamiento del tabique transversal de la hifa alrededor del poro central y cubierto en ambos lados por unas membranas denominadas parentosoma. Característico de las hifas de muchos hongos de los Basidiomycota.

Simbionte: organismo que vive en asociación simbiótica.

Simbiosis: asociación de dos organismos que viven en estrecha unión. Esta asociación puede ser mutualista si beneficia a ambos, parasítica si sólo beneficia al parásito y comensal si ninguno de los dos se perjudica.

Sinema: grupos de conidióforos portadores de conidios que se reúnen y forman una estructura alargada. Propio de la familia Stillbaceae

Somatogamia: fusión de células somáticas que desempeñan la función de órganos sexuales durante la plasmogamia, por ejemplo: en la reproducción sexual de muchos hongos de los Basidiomycota.

T

Telemorfo: estructuras producidas en la fase sexual, también llamada perfecta, conservativa o miotica; cuyas esporas se producen por meiosis.

Teliospora: espora de resistencia donde ocurre la cariogamia. Al germinar forma un promicelio donde tiene lugar la meiosis, transformándose en un basidio con cuatro basiodiosporas, que corresponde a la fase IV del ciclo de vida de las royas.

Toxina: sustancia de bajo peso molecular y con estructura química compleja, producida por algunos seres vivos y tóxica para especies de organismos vivos.

Tubo germinativo: crecimiento inicial del micelio debido a la germinación de las esporas de un hongo.

U

Uredospora o urediniospora: espora binucleada; fase repetitiva de las royas.

Z

Zoospora: espora que se mueve por medio de la actividad de flagelos; puede ser uni o biflagelada que se forma dentro de un zoosporangio.

Zoosporangio: esporangio de forma variada donde se forman las zoosporas.

Zygospora: espora sexual y de resistencia formada por la fusión de dos gametangios morfológicamente semejantes. Propio de los Mucoromycetes y Glomeromycetes.

19 INDÍCE ANALÍTICO

A
Acérvulo 126, 127, 131, 133, 146,162, 261, 264, 290, 293.
Aeciosporas 231, 234, 235, 242
Aflatoxina 65.
Agallas 33, 36, 59, 96, 99, 247, 251, 252, 254, 257, 260, 303.
Agaricaceae 187, 188.
Agaricales 187
Agaricomycetes 186
Agaricomycotina 22
Agaricus 181, 188, 189.
Albonectria 96, 99.
Albuginaceae 324, 326
Albugo 326, 327
Alternaria 94, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 278, 279.
Amanita 6, 181, 187, 188, 189
Ameba 300
Amebozoa 4
Anamórfico 67, 123, 141, 266.
Anastomosis 40, 41, 183, 195, 254.
Anteridio 15, 16, 54, 55, 306, 308, 310.
Anterozoide 15, 306.
Antracnosis 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 293, 294,
Añublo 141, 229, 289.
Aphyllophorales 217
Apresorio 311, 143, 311
Arbúsculo 48
Archeosplastida 4
Armillaria 92, 190, 202.
Asca 52, 55, 110.
Ascocarpos 53, 54, 61, 69, 147.
Ascogonio 16, 17, 54, 54.
Ascomycota 17, 22, 23, 24, 25, 43, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 61, 65, 94, 179, 181, 230, 261, 268, 273, 280, 283, 325.
Ascostroma 53, 148, 161.
Athelia 208, 209, 212, 289, 290.
Atheliaceae 208.
Atheliales 208
Auricularia 212,
Auriculariaceae 212
Auriculariales 212
Autoicas 248

B
Basidias 181, 182, 186, 187, 216, 226, 258.
Basidiocarpo 181, 182, 183, 186, 187, 190, 193, 195, 202.
Basidiomycota 1, 18, 22, 43, 179, 181, 182, 183, 185, 230, 236
Basidiospora 2, 13, 181, , 182, 183, 185, 205, 214.
Beauveria 6, 116, 117, 118, 119, 227.
Bipolaris 143, 172, 281, 282.
Blumeria 262, 270.
Boletaceae 208.
Boletales 208
Botryotinia 75,
Bremia 325

C
Candida 58, 59, 326.
Candidiasis 5, 59
Cantharellus 219
Capnodiaceae 148
Capnodiales 83, 148.
Celulosa 2, 7, 12, 304.
Cenocítico, cenocítica 7, 47, 305, 324
Ceratocystidaceae 122.
Cercospora, 157, 158, 280.
Chalara 123, 124.
Chromista 3, 19, 304.
Chytridiaceae 36
Chytridiales 36
Chytridiomycota 21, 22, 23, 24, 25, 32
Cladograma 3
Cladosporium 150
Clamidospora 14,
Clasificación 2, 45, 47, 100, 101, 114, 251, 263, 306.
Claviceps 5, 109, 110, 113.
Clavicipitaceae 94, 109.
Cleistotecio 54, 63, 69, 72, 94, 125, 148
Cochliobolus 164, 172, 281
Coelomomyces 32
Coelomycetes 290
Colletotrichum 83, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 138, 293, 294, 323.
Conidia 2, 8, 53, 55, 62, 70, 284.
Conidióforo 76, 79, 153, 157, 263, 264, 266, 267, 286.
Cordyceps 115, 116, 121.
Cordycipitaceae 94, 115
Corticiales 123, 223
Corticium 213, 223
Cromalveolata 4

D
Dematiacea 278
Deuteromycota 54, 75, 261, 265, 266, 267
Diaporthales 135
Diaporthe 135, 136, 137, 292
Dikaria 9
Dothideomycetes 148

E
Ectomicorrizas 43, 45, 52, 186, 188, 208, 230
Ectoparásito 69, 269
Elsinoë 161, 162, 163
Emericella 62
Endófito 109, 126, 164, 173
Endogonales 37
Endomicorriza 44
Endoparásitos 26, 69, 269, 300
Entomophthora 6, 37, 43
Entomophthoraceae 42
Entomophthorales 42
Ergosterol 12
Ergotamina 109, 110
Erysiphaceae 69, 72, 270
Erysiphales 69
Espermacio 242
Espermatización 17
Espermogonio, 233
Espora 2, 4, 5, 8, 13,18, 22, 32, 47, 48, 52, 68, 234, 253, 293, 302, 306, 312
Esporangióforo 38,
Esporangios 38, 40, 303, 306, 308, 310, 311, 313, 316,

318, 325
Esporodoquio 126, 130, 153, 159, 261, 264, 284
Esterigma 183, 212, 235, 236
Estípite 181, 187
Eucárpico 36
Eurotialess 115
Eurotium 62
Excavata 4
Exobasidiales 260
Exobasidium 260

F

Fiálide 263,
Filogenia 3, 21, 22, 23, 184
Flagelo 13, 23, 33, 298, 305
Forma especial 101
Fotobionte 179
Fumaginas 149
Fungi 2, 19, 22, 23, 25, 28, 299
Fusarium 99, 100, 101, 102

G
Ganoderma 217, 218
Ganodermataceae 218
Gemación 254
Gibberella 97
Gliocladium 278
Glomerella 134, 294
Glomerellaceae 125
Glomerellales 215
Glomeromycota 24, 25, 31, 37, 43
Glomus 45

H
Haploide 12, 40, 182, 236, 304, 326
Haustorio 10, 69, 85, 179, 254
Helminthosporium 281
Helotiales 69, 75
Hemileia 30, 121, 139, 244, 245
Heteroconta 2
Heteroica 238
Hialino 267, 268, 286, 291
Hifa ascógena 55
Hyphomycetes 266
Hifopodio 10, 85
Hipertrofia 34, 83, 99, 113, 114, 191, 195, 247, 253
Histoplasma 5
Holocárpico 32, 36
Homotálico 233
Hongos 1, 2, 56, 66
Hongos mitospóricos 54

I

Isaria 277

L
Lasiodiplodia 174, 175, 176, 177, 291
Lecanicillium 116, 121, 277, 278
Levadura 18, 52, 58, 59, 182, 263
Leveillula 69, 71, 74, 270
Lewia 164
Lignina 63, 217
Líquen 6, 52, 56, 61, 148, 164, 179, 180

M
Macrocíclica 233, 236, 237
Macroconidia 100, 284,
Macromiceto 1
Magnaporthe 141
Marasmius 190
Marssonina 82, 83, 294
Melampsora 237
Melampsoraceae 231
Metacordyceps 116
Metarhizium 116, 120
Micobionte 179
Micorriza vesículo arbuscular 46
Micotóxina 64, 65, 66
Microascales 122
Microcíclica 237
Microconidio 284
Microsporidia 23, 25,
Mildiu 50, 69, 70, 71, 83, 268, 325,
Monilia 75, 76, 272, 273
Monilinia 75, 134, 272
Moniliophthora 29, 190, 198 272, 273
Mucor 25, 38, 39
Mucorales 37, 38, 39
Mucoromycetes 38
Mycena 190, 203, 287
Mycenaceae 187
Mycosphaerella 150, 151, 152, 156, 157, 159, 160
Mycosphaerellaceae 149

N
Nectriaceae 96
Neocallimastigomycota 24,
Neocallimastix 24, 32
Neofusicoccum 173
Neurospora 6
Nomenclatura 19
Ocratoxina 65, 67
Oidiopsis 71, 268, 270
Oidium 72, 73, 74, 270
Olpidium 32, 35, 36, ,
Olphidiaceae 35
Oomycetes 13, 298, 304
Oospora 13, 304, 306, 308
Opistokonta 4
Ophiostoma 145
Ophiostomataceae 144
Ophiostomatales 144
Ovulariopsis 268

P
Paecilomyces 67, 68, 277
Paracercospora 152, 154
Pared celular 2, 7, 12, 21, 24, 47, 63, 297, 300
Parentosoma 9
Penicilina 5, 6
Penicillium 6, 62, 65, 66, 276
Peritecio 61, 69, 70, 72, 73
Peronospora 325, 326
Peronosporaceae 324-326
Peronosporomycetes 17, 21, 304, 305, 324
Pestalotia 146, 294
Pestalotiopsis 146, 293, 294
Pezizomycetes 61
Pholiota 207
Phoma 138, 140, 159, 291, 292
Phomopsis 136, 137, 292
Phragmidiaceae 231
Phragmidium 237, 249
Phyllachorales 85
Phyllachora 86, 87
Phyllactinia 69, 268
Phytophthora 30, 176, 201, 296, 297, 306, 310, 312, 313, 314, 317- 324,
Picnidia 8, 290, 291
Plasmodiophora 300, 301
Plasmodiophoraceae 300
Plasmodiophorales 300
Plasmodiophoromycetes 300
Plasmodiophoromycota 300
Plasmogamia 15, 16, 52, 55, 183, 233.

Plasmopara 235
Plecténquima 9
Pleomorficos 18, 89, 261
Pleosporaceae 164
Pleosporales 164
Pleurotus 189
Pochonia 6, 116, 122, 278
Polymyxa 300
Polyporaceae 217
Polyporales 217
Polyporus 218,
Prosénquima 9,
Protista 2, 3, 19, 22, 25, 26
Protozoa 20
Pseudocercospora 151, 154
Pseudohongo 2, 3, 5, 7, 10, 12-17, 19, 20, 21, 30, 295, 297, 298, 300, 302, 304
Pseudoperonospora 325
Pucciniaceae 231
Puccinia 237, 238, 239
Pucciniales 231
Pucciniomycetes 231
Pucciniomycotina 231
Pústula 231-235, 239, 240, 242, 244, 249, 303, 326
Pythiaceae 306
Pythiales 306
Pythium 94, 2273, 306, 307

Q
Quitina 2, 11, 12, 21, 32, 304

R
Rhizoctonia 7, 24, 30, 147,
Rizomorfo 14, 92, 224, 226
Rizosfera 49, 95
Rosellinia 88, 89, 92, 93
Roya 10, 231-249, 327
Roya blanca 326, 327
Rozella 24

S
Saccharomyces 58, 59
Saccharomyceta 58
Saccharomycetaceae 58
Saccharomycetales 58
Saccharomycetes 58
Saprófito 2, 5, 9, 26, 32, 39, 62, 80, 148, 261, 306
Sarna 34, 161-164, 178, 303
Sclerotiniaceae 75
Sclerotinia 75, 78
Sclerotium 78, 94, 208, 209, 210, 212, 288, 290
Septa doliporo 9, 231, 273
Septobasidium 250
Septoria 160, 291, 292
Setas 1, 127, 18, 208, 264, 293
Sinema 203, 205, 206, 261, 268, 286
Somatogamia 17
Sphaerotheca 74, 270
Spizellomycetales 35
Spongospora 300, 303
Straminipila 304, 305
Synchytriaceae 33
Synchytrium 32-34

T
Talaromyces 62, 66
Taphrina 59, 60
Taphrinaceae 59
Taphrinales 59
Taphrinomycetes 59
Taphrinomycotina 59
Taxonomía 1, 20
Teleomorfo 4
Teliospora 186, 231, 235, 236, 238, 241, 242, 245, 251, 252, 254, 258, 259
Thanatephorus 219-223, 288
Thecaphora 257
Thelephorales 223
Thielaviopsis 123, 323
Tilletia 251, 258, 259
Tilletiaceae 259
Tilletiales 259
Trichoderma 6, 94-96, 278
Tuber 147
Tubercularíaceae 268

U
Uncínula 268, 270
Uredo 231, 232, 235, 238, 239, 241,
Uredospora 121, 232, 235, 241, 242, 244, 245
Urocystales 325
Urocystidaceae 328
Urocystidiales 251, 328
Urocystis 251, 256
Uromyces 237, 238, 240, 256
Ustilaginaceae 251
Ustilaginales 251
Ustilaginomycetes 251
Ustilaginomycotina 22
Ustilago 251, 252, 254

V
Verticillium 274, 277

X
Xylaria 88, 94,
Xylariaceae 224, 243,
Xylariales 90

Z
Zoosporangio 8, 302, 319
Zoosporas 2,13-15, 18, 26, 32, 289
Zygomycetes 9, 15, 25 37
Zygomycota 22-25

Yo nunca me río
de la muerte.
Simplemente
sucede que
no tengo
miedo
de
morir
entre
pájaros y árboles.

Javier Heraud

Se estima que existen entre 1.5 a 5 millones de especies de hongos y pseudohongos distribuidos en todos los ecosistemas de nuestro planeta; hasta el momento, solo se han descrito alrededor de 120 mil especies y son fitopatógenos aproximadamente 8 mil especies.

Este libro expone información sobre clasificación taxonómica, características morfológicas y sintomatológicas de los hongos y pseudohongos causantes de enfermedades en cultivos tropicales.

Universidad Nacional Agraria de la Selva

Tingo María - Perú

ISBN: 978-612-00-5576-2